

10.18132/LFZE.2015.17

Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem

28. számú művészet- és művelődéstörténeti tudományok besorolású doktori iskola

AKUSZTIKUS HANGKELTÉSŰ
INTERAKTÍV ZENEI RENDSZER
TERVEZÉSE

A KOMPONÁLT VEZÉRLŐELEMÉK SZEREPE
A SZÁMÍTÓGÉP-ALAPÚ HANGSZERÉPÍTÉSBEN

BOLCSÓ BÁLINT

TÉMAVEZETŐ: SZIGETVÁRI ANDREA

DLA DOKTORI ÉRTEKEZÉS

2014

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	i
Bevezetés	ii
I. A számítógép-alapú hangszer	1
I.1. Új hangszerek, újfajta hangszerépítés.....	1
I.1.1. Mi a hangszer?	1
I.1.2. Miért van szükség új hangszerekre?	2
I.1.3. A paraméterek szétválasztása és újbóli összeillesztése.....	3
I.1.4. Magasabb szintű és interaktív vezérlés	3
I.1.5. A számítógép mint hangszer	4
I.1.6. Zeneszerző, hangszerépítő vagy előadó?	6
I.1.7. A hangszer vezérlésének közvetlensége	8
I.2. Az akusztikus hangszerek öröksége.....	10
I.2.1. Proprioceptív kapcsolat zenész és hangszer között.....	11
I.2.2. Folyamatos energiabefektetés	12
I.2.3. A hangszeres gesztus.....	13
I.2.4. Fontos-e, hogy mit lát a közönség?	14
I.2.5. A nehézség és a tanulási görbe.....	15
I.2.6. A hangszer stabilitása.....	17
I.3. A zenei célkitűzés.....	19
I.3.1. Kompozíció és improvizáció, komprovizáció.....	19
I.3.2. A komponált hangszer.....	22
I.4. A vezérlés és az áttérképezés megtervezése	23
I.4.1. Jól bevált kezelőfelületek	24
I.4.2. A vezérlőelemek dimenzionalitása	27
I.4.3. A tiszta dimenzionalitású vezérlőterek	29
I.4.3.1. A komponált vezérlőelem	29
I.4.3.2. Egydimenziós terek	30
I.4.3.3. Kétdimenziós terek.....	32
I.4.3.4. Háromdimenziós terek	35
I.5. Metahangszerek és más interaktív zenei rendszerek	38
I.5.1. Klasszikus példák.....	39
I.5.2. Néhány speciális eset	42
I.5.2.1. Live coding.....	43
I.5.2.2. Robothangszerek és robotzenekarok.....	44
I.5.2.3. Élő kottával vezérelt élő zenészek	50
I.5.2.4. Soundpainting	53
II. A HUMAchiNe.org című darabhoz készült metahangszer	57
II.1. Az orgona helye az akusztikus hangszerek között	57
II.2. Előzmények, kontextus	59
II.2.1. Az orgonairodalomban.....	59
II.2.2. Kísérleti orgonák és orgonakísérletek.....	62
II.3. Célkitűzés.....	68
II.4. Az orgona feltérképezése	68
II.5. A vezérlőinterfész(ek) megtervezése.....	71
II.6. Az elkészült metahangszer aleggységei	74
II.6.1. Háromdimenziós pozícióérzékelő felület	75

II.6.1.1.	Az „improvizációs főhangszer”	75
II.6.1.2.	A „pattogós hangszer”	79
II.6.2.	Hagyományos vezérlés	80
II.6.2.1.	A „pedáلتextúra-generátor”	81
II.6.2.2.	A „lihegés-generátor”	82
II.6.2.3.	Az „élőkeret-generátor”	83
II.6.2.4.	Az „élőcluster-generátor”	84
II.6.3.	Több egység párhuzamos használata	85
II.7.	Megjegyzések, tapasztalatok	86
II.8.	Kompozíciós megfontolások	87
II.9.	További, nem megvalósult ötletek	89
Összegzés		91
Függelék		96
Bibliográfia		98

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Fassang Lászlónak, Gryllus Samunak, Kovács Balázsnak, Szigetvári Andreának és Wutzel Eszter Emíliának, akik korrekciókkal, javaslatokkal és kiegészítő információkkal segítettek a dolgozat végső formájának kialakulását.

Bolcsó Bálint
2014. október 18.

Bevezetés

Jelen dolgozat első része a számítógép-alapú digitális hangszer tervezése körül felmerülő kérdésekkel foglalkozik, különös tekintettel annak egy speciális esetére, amikor a hangkeltés akusztikusan történik. A második rész egy olyan projekt bemutatásán keresztül konkretizálja a felmerült szempontokat, melyben zeneszerzőként, hangszerépítőként és improvizátorként vettem részt.

A dolgozatban elsősorban az alábbi kérdésekre keresem a választ:

- Lehet-e egy zeneszerző számára hozzáférhető eszközökkel olyan, számítógép-vezérelt hangszert építeni az orgona mint hanggenerátor köré, amely játszhatóságában, hangszerszerűségében és zeneiségében felveszi a versenyt egy hagyományos akusztikus hangszerrel – akár az eredeti játékmóddal megszólaltatott orgonával?
- Melyek a főbb különbségek egy teljes egészében számítógép-alapú (elektronikus hanggenerálású) hangszer fejlesztéséhez képest?
- Hogyan helyezhetünk el egy ilyen hangszert az experimentális orgonairodalom és orgonaépítés, de legfőképpen a kísérleti elektronikus hangszerek és akusztikus robothangszerek kontextusában?
- Összeegyeztethetőek-e a zeneszerző-előadó-improvizátor és a közönség igényei, továbbá az orgonának helyet adó tér konnotációi egy ilyen hangszer megszólaltatásakor? Hogyan befolyásolja mindez az előadás és az alkotói folyamat során meghozott döntéseket, például a vezérlés módjára vagy megkomponáltság és improvizáció arányára vonatkozólag?

A kérdések kifejtése során először röviden áttekintem a hangszer fogalmának és a zeneszerző szerepének az utóbbi évtizedekben megfigyelhető átalakulását és ezek hatásait a hangszertervezés indítékaira és folyamatára. Kitérek a digitális technológiák, majd a számítógép megjelenésének implikációira, köztük a hangszerek vezérlésének a hangkeltés helyétől való eltávolodására. Ez utóbbi, már korábban elkezdődött folyamat szemléltetésére Bartók Béla gondolatmenetét veszem alapul, melyet a dolgozatban tárgyalt új zenei rendszerekkel egészítek ki.

A digitális hangszertervezés szempontjai közül elsőként az akusztikus hangszerek örökségével foglalkozom, különös tekintettel az új kontextusban megtartandó vagy újragondolandó tulajdonságaikra. Mivel e tevékenység immár a

zeneszerzés szerves része, mindenképp szót kell ejteni a kompozíciós aspektusokról és a improvizáció elvének különféle megjelenési formáiról. Ezek után rátérek a vezérlés megtervezésének koncepcionális és technikai részleteire, megint csak az akusztikus hangszerek felől közelítve. Bevezetem a komponált vezérlőelem és a tiszta dimenzionalitású vezérlőtér fogalmát a napjainkban elérhető, viszonylag könnyen és gyorsan konfigurálható vezérlési alapelemek kapcsán, és példákkal illusztrálom ezek különböző térbeli kiterjedésű változatait.

Az első rész végén a metahangszer fogalmának tisztázása után néhány esettanulmányt közlök a digitális zenei rendszerek általános (ha van olyan) és speciális megvalósulási formáinak bemutatása céljából. Utóbbiak olyannyira speciálisak, hogy egy részük nem is digitális; működési elvükben ugyanakkor nagyfokú rokonságot mutatnak.

Az akusztikus hangkeltésű példák leírása vezet át a dolgozat második feléhez, melyben egy hagyományos orgona távvezérlésén alapuló metahangszert mutatok be részletesen. Kiindulási pontként tisztázom az orgonának a hangszerek között, illetve a projektnek a hasonló kísérletekhez képest elfoglalt helyét, amihez elsősorban Ligeti György kapcsolódó munkásságát tekintem át. Ezután megfogalmazom a vállalkozás célkitűzéseit, sorra veszem a megtett lépéseket, majd ismertetem az elkészült metahangszer alegységeit, azok minden technikai és zenei részletével együtt. A kompozíciós megfontolások tárgyalása után a további munka lehetséges irányjaival kapcsolatosan fogalmazok meg néhány gondolatot.

A témával kapcsolatban bőséges, elsősorban angol nyelvű szakirodalom áll rendelkezésre. Gyakran hivatkozom Sergi Jordà 2005-ös disszertációjára,¹ mely – Eduardo R. Miranda és Marcelo M. Wanderley 2006-os könyvével² együtt – nagy alapossggal foglalja össze az addig elvégzett munka eredményeit. Az azóta történekről elsősorban az évente megrendezésre kerülő International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME³) publikációiból, illetve az Organised Sound és néhány más folyóirat cikkeiből tájékoztam.

¹ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat).

² Eduardo Reck Miranda és Marcelo M. Wanderley: *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. (Middleton: A-R Editions, 2006)

³ <http://www.nime.org/>

I. A számítógép-alapú hangszer

I.1. Új hangszerek, újfajta hangszerépítés

Jordà így foglalja össze egy digitális hangszerrel szemben támasztott követelményeit:

Olyan hangszerekre van szükségem, melyeken élvezet játszani, és amelyek a más zenészekkel való együttjátszást is gazdagítják. A hangszeren egyedül vagy másokkal együtt létrehozott zene lehetőleg lepjen meg, fedjen fel újabb és újabb titkokat minden alkalommal, legyen élvezetes az újrahallgatása.¹

Az itt megfogalmazott igényeket tulajdonképpen a meglévő, jól bevált akusztikus hangszerek is kielégíthetik. Felmerül tehát a kérdés, hogy mi készíti napjaink hangszerépítőit, előadóit, sőt, zeneszerzőit új eszközök tervezésére, a hangszerjáték új formáinak kutatására. Az alábbiakban először ezt kell tisztáznunk, hogy aztán továbbléphessünk a zenei és technikai részletek felé.

I.1.1. Mi a hangszer?

A hangszer zene (pontosabban: hangok) előállítására alkalmas eszköz,² mely hagyományosan emberi akciókat alakít át hangokká: Hugues Dufourt általános definíciója kifejezési célú energiaátalakító eszközt említ,³ Jordà szerint pedig a digitális hangszerépítő zenei számítógépek (musical computers⁴) készítésével foglalkozik. Bár ez utóbbi esetben az energiaátalakítás már nem fizikailag értendő, a

¹ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 4. o.

² Az angol *musical instrument* (és ennek magyar megfelelője, a *zeneszerszám*) specifikusabb jelentésáryalatával túlmutat a szigorúan vett hangkeltésen, amely önmagában nem feltételezi a zenei kontextus vagy szándék meglétét.

³ Hugues Dufourt: „L'instrument Philosophe”. In: *Instruments*. (Paris: IRCAM, Centre Pompidou, 1995): 57-65.

⁴ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 4. o.

transzformáció aktusa mindkét meghatározásban jelen van. Íme két további definíció, melyek a maguk egzaktságában teret adnak tág értelmezéseknek is:

[...] a hangszer egy önmagában megálló, autonóm hangelőállító objektum, mely képessé teszi a zenészt élő szituációban való játékra.⁵

[...] bármely rendszer, mely zene létrehozására képes, és valós időben vezérelhető (más szóval játszható), hangszernek tekinthető. A kulcs a vezérlésben rejlik.⁶

Akár tárgyként, akár rendszerként tekintünk rájuk, a vezérlés mikéntje úgy az akusztikus, mint a digitális hangszerek karaktere, játszhatósága, hangszerszerűsége szempontjából meghatározó.

I.1.2. Miért van szükség új hangszerekre?

A hagyományos hangszerek tervezői előtt világos feladat állt: egy olyan rendszerben való működésre kellett képessé tenniük az instrumentumot, amely a közmegállapodás részét képezte. Ennek az egységes rendszernek köszönhetően ugyanazt a zenét több különböző hangszeren is el lehetett játszani. A 20. század folyamán azonban az egységes rendszer helyét átvették a zeneszerzők által megálmodott egyéni hangzás- és zenei világok, melyek a hagyományos eszközökkel már nem voltak a maguk teljességében bejárhatóak. A digitális technológia vívmányai kapóra jöttek a komponistáknak, mert lehetővé tették az egyéni világokra szabott, azokban navigálni képes eszközök kifejlesztését. E navigáció módjának megtervezése egyúttal a komponálás szerves részévé vált.⁷

Ez az ok-okozati összefüggés ugyanakkor megfordítva is fennáll. Ahogy Dean Rubinne és Paul McAvinney fogalmaz:

⁵ Atau Tanaka: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: (szerk.): *The Oxford Handbook of Computer Music*. (New York: Oxford University Press, 2009): 233-257. 236. o.

⁶ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 107. o.

⁷ Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 609-614. 609. o.

[...] igazán új zene létrehozásának egy lehetséges módja, ha olyan hangszert készítünk, amely új játéktechnikákkal való kísérletezésre teszi képessé az előadókat.⁸

I.1.3. A paraméterek szétválasztása és újbóli összeillesztése

Az akusztikus hangszerek esetében a kezelőfelület és a hanggenerátor fizikailag összefonódó, szétválaszthatatlan egységet képez. Hangszerenként változó mértékben ugyan, de általában a hangkeltés helyén vagy annak közvetlen környezetében tudjuk annak paramétereit befolyásolni. A hegedű esetében például maga a rezgő test (a húr) szolgál a hangmagasság-meghatározás felületként, míg a hangerőt, a hangszínt és az artikulációt a húrral közvetlen kapcsolatban lévő vonóval tudjuk szabályozni. Ez utóbbi, a vonó példája jól szemlélteti az akusztikus hangszerek alapvető jellegzetességeit:

- a vezérelhetőség a paraméterek legapróbb nüanszaira is kiterjed;
- e paraméterek kölcsönhatásban állnak egymással, teljesen független vezérlésük ezért nem megoldható⁹ – arról nem is beszélve, hogy a hangszín eleve egy multidimenzionális paraméter, melynek összetevői az akusztikus hangszereken szintén nem különválaszthatóak.

A digitális hangszerekre ezzel szemben a kezelőfelület és a hangkeltés teljes elkülönülése jellemző. Mivel a fizikai összeköttetés eltűnt, és a hangelőállítás összes paramétere a kezünkben van, szabadon megtervezhetjük a vezérlés módját, valamint a kettő közötti kapcsolatokat definiáló áttérképezést (mapping). Ha sikerrel járunk, akkor olyan digitális hangszert kapunk, amely – az akusztikus hangszerekhez hasonlóan – kevés vezérlőelemmel, mégis kifinomultan irányítható, zeneileg pedig széles skálán mozgó expresszivitásra képes.

I.1.4. Magasabb szintű és interaktív vezérlés

Ekkor azonban még mindig nem léptünk ki a hagyományos hangszerek árnyékából, hiszen csak lemásoltuk azok működését és képességeit. A digitális világ

⁸ Dean Rubine és Paul Mcaviney: „Programmable Finger-Tracking Instrument Controllers”. *Computer Music Journal* (1990): 26-41. 26. o.

⁹ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 24. o.

legizgalmasabb lehetőségei azonban éppen ott kezdődnek, ahol e képességek véget érnek. Egyrészt kiléphetünk az *egy gesztus, egy akusztikus esemény* paradigmából,¹⁰ és a vezérlés szintjét az egyes hangok és események síkjáról a zenei folyamat síkjára emelhetjük. Másrészt döntéshozatali képességekkel ruházhatjuk fel a hangszerünket, és így azon kontinuum tetszőleges pontjára pozicionálhatjuk, amely a hagyományos hangszerekre jellemző teljes passzivitás és az emberi beavatkozást nem igénylő, autonóm zenegép között feszül. Ilyenkor a mindeddig egyirányú befolyásolás hirtelen kétirányúvá válik, hiszen a hangszer viselkedése elmozdul a teljes kiszámíthatóság végletéből, előre nem tervezett reakciókra készítve ezzel a játékost. Az előadó megosztja a vezérlést a hangszerrel, minekutána az előadás egyfajta élő, interaktív komponáláshoz válik hasonlatossá.¹¹

A fentiek szellemében megtervezett digitális hangszereket interaktív zenei rendszereknek nevezhetjük.¹²

1.1.5. A számítógép mint hangszer

A mikroszámítógépek és a MIDI szabvány 1980-as évekbeli megjelenése óta elvileg bárki előtt nyitva áll a digitális hangszer tervezésének lehetősége. Ez a szabadság azonban az utóbbi évtizedben vált kézzelfoghatóvá; egyrészt mindennapossá váltak a laptopok és más mobileszközök, másrészt a lassan magától értetődő szélessávú internetkapcsolat a szoftverek és más adatok, például a kutatási eredmények villámgyors csereberéjét teszik lehetővé. Ez utóbbi a dolgozat témája szempontjából különösen nagy jelentőséggel bír, hiszen a digitális hangszer lelke és esszenciája tipikusan az egyedileg megtervezett szoftverben lakozik.

A számítógép manapság a legtöbb elektronikus zenész instrumentáriumának magja, vagy legalábbis nélkülözhetetlen eleme. Ennek ellenére – amint arra David

¹⁰ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 54. o.

¹¹ Korai, de máig inspiráló példája a hangszerbe épített intelligenciának Waisvisz The Hands nevű eszköze, melynek algoritmusai (Control Signal Processor) koncert közben figyelemmel kísérték az előadó játékát, és ha szükségét látták, közbeléptek. Lásd: Michel Waisvisz: „The Hands: A Set of Remote Midi-Controllers”. *Proceedings of the International Computer Music Conference*. (Burnaby: 1985).

¹² Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 55. o.

Wessel és Matthew Wright már 2002-ben érzékletesen rámutatott¹³ – kevesen vannak, akik a „milyen hangszeren játszol?” kérdésre gondolkodás nélkül azt válaszolják, hogy számítógépen.¹⁴ A jelenség egyik nyilvánvaló oka, hogy ezek a nagy teljesítményű, de multifunkcionális, eredendően nem zenei célra fejlesztett gépek alapértelmezett formájukban és felszereltségükkel csak nehézkesen állíthatóak bármilyen zenei kifejezés szolgálatába. A zeneszerző-programozó-előadó kitartó munkával és a megfelelő eszközök összehangolásával a saját elképzeléseihez alakíthatja és egy komplex zenei rendszerbe integrálhatja a számítógépet, amely ekkor viszont már csupán a számítási teljesítményt, koordinációt biztosító infrastrukturális bázisként funkcionál. Atau Tanaka így ír erről:

Zenei szoftverek írása útján zenespecifikus képességekkel ruházhatjuk fel a számítógépet. Beviteli eszközöket építhetünk a szoftverek lehetőségeinek kiaknázására. Erre a generalizált alapra így fokozatosan egy specializált rendszert építünk fel, ahol minden összetevő a hangszer alkotórészévé válik.¹⁵

A hangszer jellegét (működési mechanizmusát, játszhatóságát, hangszeryszerűségét) a vezérlés, a hangelőállítás és a kettő közötti kapcsolatot definiáló áttérképezés tulajdonságai határozzák meg. Ez utóbbi komponens esetében a leginkább szembevetendő a számítógép hasznossága; míg a másik kettő lehet analóg, illetve akusztikus is, az áttérképezés szabad kialakításához a szoftver biztosítja az ideális terepet.¹⁶

A fenti kérdésre tehát az esetek többségében pontosabbnak tűnik egy ilyen, kevésbé frappáns válasz: „számítógépen futó, egyedileg kialakított működésű és vezérlésű hanggeneráló és -feldolgozó rendszeren játszom”.

¹³ David Wessel és Matthew Wright: „Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers”. *Computer Music Journal* 26/3 (2002): 11-22. 11. o.

¹⁴ Ez a helyzet napjainkra sem változott számottevően.

¹⁵ Atau Tanaka: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: *The Oxford Handbook of Computer Music*. (New York: Oxford University Press, 2009): 233-257. 239. o.

¹⁶ A rendszer karakterét biztosító mag tipikusan különböző, jellegzetes viselkedésű szoftveregységekből áll össze, melyeket Bown, Eldridge és McCormack találóan a *behavioural objects* elnevezéssel illet. Lásd: Oliver Bown, Alice Eldridge és Jon McCormack: „Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: from Instruments to Behavioural Objects”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 188-196.

I.1.6. Zeneszerző, hangszerépítő vagy előadó?

A kísérleti digitális hangszerek közös jellemzője, hogy tipikusan egy konkrét alkotó személyes zenei víziója nyomán készülnek, és megvalósításuk is a művész vagy a köré szerveződő, legfeljebb néhány fős csapat munkája.¹⁷ Ez azért fontos, mert így módon a hangszerépítés minden fázisa a saját célra való fejlesztés és a *DiY* (csináld magad) elv jegyében zajlik, ahol nemcsak az ötlet, a tervezés és a kivitelezés van egy kézben, de a tesztelés, a tanulságok levonása és a következő verzióba való beépítése is természetes részét képezi a folyamatnak. Minden mozzanat a művészi koncepciónak van alárendelve, mégpedig nagyon is praktikus módon, hiszen a létrejövő hangszernek rendelkeznie kell a kívánt zenei képességekkel. Lényeges különbség azonban minden olyan tervező- és fejlesztőmunkához képest, ahol külső, elképzelt vagy valós, de szükségszerűen generalizált (piaci) igények kielégítése a cél – és ebből a szempontból a hagyományos hangszerek készítését is ide sorolhatjuk –, hogy ezek a képességek lehetnek nagyon speciálisak és projektspecifikusak: gyakoriak az egy-egy darabhoz, előadáshoz, helyszínhez vagy improvizációs szituációhoz tervezett hangszerek. Az egész folyamat interaktív és képlékeny, a kipróbálás során változhatnak a célkitűzések, ígéretes elgondolásokról derülhet ki, hogy a gyakorlatban nem működnek elég jól, ugyanakkor a hangszer formálódó „személyisége” váratlan, előre nem sejtett irányokba tolhatja a fejlesztést. Megismerjük, kiismerjük a hangszert és azt, hogy hogyan tudunk vele bánni zenei kontextusban, és szükség esetén e közvetlen tapasztalat alapján módosítunk rajta. Az eredmény egy permanens *work-in-progress*,¹⁸ melynek során az alkotónak felváltva kell a hangszerépítő és a zenész szerepébe bújnia. Az ilyen rendszerek esetében hangszer és játékos viszonya is módosul: ahelyett, hogy egy kész hangszeren kellene megtanulnunk játszani, magát a hangszert tudjuk saját zenei elképzeléseinkhez és testi adottságainkhoz, szenzomotoros képességeinkhez igazítani. Ez pedig nagyon fontos annak fényében, hogy egy adott projekthez készült hangszer virtuóz

¹⁷ Itt egy ideális esetet írok le, saját tapasztalatokra támaszkodva. A valóságban a kutatás és fejlesztés fragmentáltabban zajlik; sokan részterületekre koncentrálnak, és a kutatási projektek között aránylag ritka az integrált, zenei indítatású koncepció. Lásd: Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 6. o.

¹⁸ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 5. o.

kezelésének elsajátításához évtizedek helyett általában csak napok állnak rendelkezésünkre.

Szembetűnő, hogy a digitális hangszerkészítésről a fentiek alapján kirajzolódó kép mennyire emlékeztet egy tipikus művészi alkotómunka leírására, és valóban nem túlzás azt állítanunk, hogy minden technikai vonatkozása mellett tulajdonképpen a zeneszerzés egy kiterjesztett formájával állunk szemben.¹⁹ Ezt egyrészt a komponált hangszer fogalmának (lásd: I.3.2.) megjelenése, másrészt pedig az a tény bizonyítja, hogy az elvégzett munka minőségének – értelemszerűen nagyrészt szubjektív – mércéje végső soron a hangszerrel létrehozható zene művészi színvonala.

A munka személyes jellegéből és zenei indíttatásából következik, hogy az eszköz gyakran saját felhasználásra készül; a zeneszerző ilyenkor a hangszerépítőén kívül az előadóművész szerepét is magára ölti. Nem véletlen, hogy Mark Applebaum a mai zeneszerző szerepeinek megsokszorozódásáról szóló szellemes előadásában²⁰ többek között feltalálónak, előadónak és improvizátornak nevezi magát. Az egyedileg fejlesztett hangszer koncertszituációban való megszólaltatásával teljesedik ki az a zeneszerzői munka, amely a konkrét zenei vízió megvalósítása érdekében a hangszer megtervezését és megépítését is magába foglalta. Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner sarkított megfogalmazásában:

[...] az elektronikus hangszerek megszületése óta a kompozíció csak hang és gesztus viszonyának meghatározása után tekinthető késznek.²¹

A digitális hangszerekkel való kísérletezés tehát a hagyományos zeneszerzői kompetenciák mellett számos más területen – számítástechnika, elektronika, interakció-tervezés, pszichológia, hangdizájn – való jártasságot is megkövetel, ami annak ellenére megnehezíti az ezirányú tevékenység széleskörű elterjedését és valódi demokratizálódását, hogy a szükséges technológiai vívmányok és eszközök már mindannyiunk életében jelen vannak. Maguk a kutatók is többnyire csak valamelyik részterületre koncentrálnak, pedig zeneileg is értékes eredményekhez csak a

¹⁹ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 8. o.

²⁰ Mark Applebaum: *The Mad Scientist of Music*. (TEDxStanford 2012). http://www.ted.com/talks/mark_applebaum_the_mad_scientist_of_music (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

²¹ Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 609-614. 609. o.

holisztikus megközelítés vezethet.²² A probléma kezelésére számos olyan kezdeményezés született az utóbbi évtizedekben, amelyek modularizálás és szabványosítás révén próbálják bárki – elsősorban bármely zenész – számára hozzáférhetővé és könnyen továbbfejleszthetővé tenni a kutatások eredményeként létrejött eszközöket.²³ Valószínű azonban, hogy bármilyen jövőbeli szabványosítás ellenére a zeneszerzés fogalmának kibővülése visszafordíthatatlan, és a művészi kreativitás jelentéstartományába végérvényesen beépül a technológiai lehetőségek számon tartása és potenciális felhasználása.

1.1.7. A hangszer vezérlésének közvetlensége

Bartók Béla A gépzene című előadásában²⁴ a hangkeltés közvetlensége alapján állított fel sorrendet a hangszerek között. A skála egyik végpontján az énekhang helyezkedik el; mivel itt a hang létrehozásának minden fázisa az előadó testen belül zajlik le, nehéz elképzelni ennél közvetlenebb vezérlést. A következő lépcsőfokot a vonós és a fúvós hangszerek képviselik; ezeknél a hangkeltés már a testen kívül történik, de a szoros taktilis kapcsolat révén a legapróbb részleteket is kontroll alatt tarthatjuk. A pengetős hangszereknél leginkább már csak a hangindítást tudjuk befolyásolni, a zongora esetében pedig megszűnik a közvetlen fizikai kapcsolat, hiszen az ujjak és húr közé egy nagy bonyolultságú erőátviteli szerkezet kerül. Míg a zongora mechanikáját úgy tervezik, hogy a különböző billentésmódok differenciált vezérlést tegyenek lehetővé, az orgonánál már ez a szempont sincs meg. Bartók ezután a verklein és a gépzongorán keresztül eljut a korabeli hangfelvételi technológiák tárgyalásáig, majd a hangelőállítás olyan módszereit helyezi a skála túlsó végpontjára, amelyeknél az emberi erővel létrehozott hagyományos hangszeres gesztus már semmilyen módon nem jelenik meg. Példaként a gramofonlemezre vagy filmszalagra manuálisan felvitt és hanggá alakított jeleket, valamint a mikrofonnal végzett korai kísérleteket említi. Az előadás konklúziója az, hogy a gépzene nem

²² Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 6. o.

²³ Erre jó példa Chester Udell és James Paul Sain eMersion nevű rendszere; lásd: Chester Udell és James Paul Sain: „eMersion: Sensor-Controlled Electronic Music Modules & Digital Data Workstation”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 130-133.

²⁴ Bartók Béla: „A gépzene”. In: Szöllősy András (szerk.): *Bartók Béla válogatott írásai*. (Budapest: Művelt Nép, 1956): 242-256.

helyettesítheti az élőzenét – és nemcsak a kor technológiai lehetőségeinek behatároltsága miatt: az élő előadás változékonyságát a konzerv élettelenségével állítja szembe, mely ellentét azóta is aktuális és releváns. Bartók, bár elsősorban az akusztikus hangszerhangok előállításáról és reprodukciójáról beszél, említést tesz az „éterzene-hangszerekről”, konkrétan a kor újdonságának számító thereminről is:

Hangszínt változtatni nem lehet rajta [...] Pedig éppen ezen fordult volna meg minden: a vérmesebbek már soha addig nem létező fantasztikus hangszínek előállításáról ábrándoztak. Nagy hátránya ennek a hangszernek, hogy hangmagasságot csupán glissando (csúszás) segítségével lehet rajta változtatni [...] Ezért a fogyatékoságáért kevés kárpótlást nyújt a szirénaszerű glissandók lehetősége.²⁵

Bartók skáláját a technológiai fejlődés, az improvizáció térnyerése és a közösségi zenélési formák elterjedése nyomán kiegészíthetjük, ha a sokféleségben a vezérlés közvetlenségét tekintjük fő szempontnak, és ennek alapján próbáljuk rendszerezni a különböző zenei tevékenységeket, mégpedig szigorúan egy résztvevő: az irányító játékos szemszögéből.

Amint az az 1. táblázatban látható, az új, a későbbiekben részletesen tárgyalt elemeket az eredeti skálán az orgona és gépzongora közé illesztettem be. Az utóbbi évtizedekben a hangszer fogalmának kitágítását célzó kísérletek egyik közös jellemzője ugyanis, hogy a valós idejű játéklehetőség megtartása mellett a vezérlés és a hangkeltés közötti kapcsolatok kreatív újratervezésére törekedtek. Az orgonánál már meglévő áttételeesség tehát alaptulajdonsága ezeknek a rendszereknek, a gépzongora merevsége viszont már idegen tőlük; utóbbi esetében a vezérlés már csak a tempóra nézve valós idejű, a többi paraméter előzetesen kerül meghatározásra. Így kaphat helyet a listán a hagyományos értelemben vett, kottaalapú komponálás is, mely az élőben generált kottától végső soron csupán az utasítások megfogalmazása és azok végrehajtása között eltelt idő mennyiségében különbözik.

Amellett, hogy a határvonalak korántsem élesek, és ezért konkrét példákat vizsgálva könnyen megváltozhat a sorrend, kétségtelen, hogy más inkonzisztenciák is felfedezhetőek a táblázatban. Ezek egyike, hogy a Soundpainting, az élő kotta és a

²⁵ Bartók Béla: „A gépzene”. In: Szöllősy András (szerk.): *Bartók Béla válogatott írásai*. (Budapest: Művelt Nép, 1956): 242-256. 253. o.

komponálás esetében a hangkeltésért felelős elem már önmagában is egy komplex, előadóból és hangszerből álló rendszer. Ugyanakkor ahogy erősödik a zenei rendszer komponáltsága, azaz a belekódolt információ mennyisége, úgy tolódik az apró részletek felől egyre magasabb szintre a vezérlés jellege. Az utolsó négy elemnél éppen azért érezhetünk hirtelen ugrást, mert a előzetes komponáltság olyan mértékűt ölt, hogy a valós idejű vezérlés szükséglettelenné válik, és a zenei rendszer voltaképpen a hangkeltő elemre redukálódik.

<u>Bartók skálája</u>	<u>új elemek</u>	<u>vezérlés</u> (gesztusalapú/szimbolikus)	<u>mapping</u> (mechanikus/ digitális/humán)	<u>hangkeltés</u> (akusztikus/ elektronikus)
énekhang		geszt.	mech.	ak.
fúvós / vonós		"	"	"
pengetős		"	"	"
zongora		"	"	"
orgona		geszt.	dig./mech.	ak.
	hyperinstrument // hangszer által vezérelt elektronika	geszt.	mech./dig.	ak./elektr.
	gesztusvezérelt robothangszer // HUMACHiNe.org	geszt.	dig.	ak.
	gesztusvezérelt elektr. hangszer	geszt.	dig.	elektr.
	Soundpainting	szimb./geszt.	humán	ak.(+humán)
	live coding // Reactable stb.	szimb.	dig.	elektr.
	élőben vezérelt valós idejű kotta	szimb./geszt.	dig./humán	ak.(+humán)
	kottaalapú komponálás	szimb. (nem valós idejű)	humán	ak.(+humán)
verkli, gépzongora		szimb./geszt. (nem valós idejű)	mech.	ak.
hangfelvétel		geszt. (nem valós idejű)	mech./dig.	elektr.
totális gépzene	(rögzített akusztikus zene készítése)	geszt./szimb. (nem valós idejű)	mech./dig.	elektr.

1. táblázat: Bartók közvetlenség-skálájának kiegészítése interaktív zenei rendszerekkel

1.2. Az akusztikus hangszerek öröksége

Az alábbiakban az akusztikus hangszerek néhány olyan, természetesnek tűnő jellegzetességét vizsgáljuk meg, melyek a digitális világban már korántsem maguktól értetődőek, és ezért újraalkotásukról vagy elvetésükről a hangszerépítőnek kell döntenie.

I.2.1. Proprioceptív kapcsolat zenész és hangszer között

Gyakorlott zenészek hangszerjátékánál figyelhetjük meg azt az egységet, amely ember és hangszer nagyrészt öntudatlan, proprioceptív (különböző testrészek testhez viszonyított helyzetének érzékelésén alapuló) kapcsolatán nyugszik.²⁶ Ezt az állapotot zenész és közönség egyaránt úgy éli meg, mintha a hangszer az előadó testének kiterjesztése lenne. Ilyenkor az az érzésünk, hogy a mozdulatokat nem pusztán az agy, hanem az egész test irányítja.

A testnek a zenélésben való hangsúlyos részvételét mint az átélés, az expresszivitás és az úgynevezett *flow*²⁷ kellékét zenész és közönség általában egyaránt kívánatosnak tartja, és a tervező gyakran a digitális hangszereknek is – ahol ez a szoros haptikus kapcsolat alapértelmezés szerint nincs jelen – próbál valami hasonlóra lehetőséget biztosítani. A dolognak azonban van egy másik oldala is, melyet jól ismerhet minden zeneszerző és improvizátor, aki átengedi az irányítást a testi beidegződéseknek, és hagyja magát elsodorni a jól bevált zenei és proprioceptív sémák által. Erre utal Aden Evens, amikor a hangszerjáték testi aspektusáról ír:

Az a zenész, aki hagyja, hogy a teste azt csinálja, amit akar, nem tud elmerülni a zenében, hiszen nem is köti le a zene; aki engedi, hogy a teste játsszon, nem teszi oda magát, nem kockáztatja az életét a zenében, és így elvétí a zene sajátlagos lehetőségének kibontását a jelen pillanatban.²⁸

A számítógép nehézkességéből és elidegenítettségéből ezért zenészként akár profitálhatunk is; Henrik Frisk a szokások kialakulásának elkerüléséről ír a számítógépes zenélés kapcsán:

Miért is akarna bárki kifejező érzékenységű zenét játszani egy olyan gépen, mely a hanggal való fizikai kontaktust nem teszi lehetővé? Pontosan a „hiányosságai” miatt. Mert növeli az ellenállást. Mert gátolja a szokások kialakulását. [...] A számítógép-alapú hangszerek felépítésére és vezérlésére vonatkozó szabványok és konzisztencia

²⁶ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 142. o.

²⁷ A *flow* pszichológiai fogalmának az alkotómunkában való használatáról lásd: Csíkszentmihályi Mihály: *Beyond Boredom and Anxiety*. (San Francisco: Jossey-Bass, 2000).

²⁸ Aden Evens: *Sound Ideas: Music, Machines, and Experience*. (Minnesota: University of Minnesota Press, 2005): 142. o.

hiánya frusztrálónak tűnhet analitikus szempontból, de művészileg teljesen rendben van.²⁹

Az arany középutat valószínűleg az olyan aktív testi-szellemi jelenlét képviseli, mely a koncentrált figyelem és az ugrásra kész test harmonikus együttműködésén alapul. Digitális rendszer tervezésekor ugyanakkor arra is lehetőségünk van, hogy a hangszerjáték nehézségét befolyásoljuk; erre a I.2.5. alfejezetben visszatérünk.

I.2.2. Folyamatos energiabefektetés

A legtöbb hagyományos hangszerre jellemző, hogy folyamatos energiabefektetésre van szüksége a játékos részéről ahhoz, hogy hangot bocsásson ki: ha a játékos nem mozog, az aktuális hang elhal, újak pedig nem szólalnak meg. Ugyanez igaz a hang – kívülről befolyásolható – paramétereinek bármilyen csekély modulációjára is. Jó példa erre a vonós hangszerek esetében a vibrato és a tremolo, melyek fenntartása az előadó kezének folyamatos mozgását igényli.³⁰ A számítógép esetében, ahol a hangkeltés fenntartásához elegendő a folyamatos áramellátás, ez a követelmény megszűnik; a könnyebbség a nyilvánvaló előnyök mellett azonban a hangszerjáték-érzet csorbulásával járhat. Kísérletek³¹ és empirikus tapasztalat egyaránt igazolják, hogy ha az akusztikus hangszereknek akár csak ezt az egyetlen tulajdonságát átültetjük az elektronikus kontextusba, hirtelen kielégítőbb élménnyé válhat a digitális hangszeren való játék. Mindez elvezet a hangszeres gesztus kérdéséig, mely a zenész belső megélésén túl a közönség élményére is kihat.

²⁹ Henrik Frisk: „Improvisation, Computers, and Primary Process: Why Improvise with Computers?”. *New Sound: International Magazine for Music* 32(2008): 107-118. 117. o.

³⁰ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat) 23. o.

³¹ Andy Hunt, Marcelo M. Wanderley és Matthew Paradis: „The Importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design”. *Journal of New Music Research* 32/4 (2003): 429-440.

I.2.3. A hangszeres gesztus

A gesztus fogalmának használata általánossá vált az új zenei interfészekkel foglalkozó közbeszédben.³² Megfigyelhető azonban egy jelentős inkonzisztencia arra nézve, hogy ki mit ért alatta, ez pedig félreértésekhez vezethet. Leggyakrabban az ember valamely testrészével végzett mozdulat szinonimájaként fordul elő, többek között a hangszerjáték kapcsán is. Ettől viszont különbözik a zenei gesztus, amely egy szubjektív, metaforikus értelmű kifejezés. A sokféle definícióban és jelentésárnyalatban a közös pont talán ez: a gesztus fogalma az ember fizikai cselekvésére tett közvetlen (mint a mozdulat) vagy közvetett (mint a zenei esemény) utalás.³³

A 20. század közepétől kezdve egyre gyakoribbá váltak az olyan darabok és notációs módszerek, amelyek elsősorban nem a hangmagasságok időbeli elrendeződését, hanem az előadó által végrehajtandó testi gesztusokat, mozdulatokat helyezték előtérbe.³⁴ A színpadi akció, a hangszerjátékhoz kapcsolódó gesztusok felnagyítása, eltorzítása és kibővítése, a zenéléstől való függetlenítése a Mauricio Kagel nevével fémjelzett hangszeres színház (Instrumentales Theater vagy Neues Musiktheater) műfajához köthető.³⁵

A gesztusvezérlés kérdése tehát az akusztikus hangszerjáték kontextusában is felmerül, hiszen mozdulatok szükségesek hozzá. Ezek a mozdulatok azonban a hangkeltés fizikai körülményeinek függvényei, ezért hangszerenként gyökeresen eltérőek lehetnek. A fizikai kapcsolat, az ok-okozati összefüggés további hozadéka, hogy a rendszer két végén, a vezérlésben és a zenében megjelenő gesztusok általában egyidejűek ugyan, de a kettő közötti hasonlóság nem mindig egyértelmű vagy intuitív. Egy gyors, emelkedő irányú futam eljátszásához egész más mozdulatsor szükséges például a trombita, a hegedű vagy a marimba esetén, és önmagában egyik

³² Alexander Refsum Jensenius: „To Gesture or Not? An Analysis of Terminology in NIME Proceedings 2001-2013”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 217-220.

³³ Claude Cadoz és Marcelo M. Wanderley: „Gesture-Music”. In: Marcelo M. Wanderley és Marc Battier (szerk.): *Trends in Gestural Control of Music*. (Paris: Ircam, 2000), 71-94. 74. o.

³⁴ Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 609-614. 610. o.

³⁵ Néhány példa: Dieter Schnebel 1962-es, *Nostalgie* című, szólókarmesterre írt darabja az eleve áttételes irányító gesztusokat választotta le teljesen a hallható zenéről. Kagel *Con voce* című, 1972-es művében az előadók csak mimelik a hangszerjátékot, mozdulataikat a várt hangok helyett azok vokális imitációi kísérik. Michael Beil *exit to enter* című, élő videófelvétellel és -visszajátszással operáló kompozíciója (2013) az új technológiák segítségével fejleszti tovább ezt a koncepciót.

sem fejezi ki feltétlenül a zenei végeredmény gesztikus jellegét. Csak a digitális hangszerek megjelenésével vált lehetővé olyan, kifejező mozdulatokkal operáló gesztusvezérlés megtervezése, amely a zenei történésekhez szubjektív percepciók alapon társít vezérlőmozdulatokat.

A szakirodalom egy része csak akkor alkalmazza a gesztusvezérlés fogalmát digitális hangszerek esetében, ha előre programozott, esetleg a számítógépnek valós időben betanított mozdulatok felismerésén vagy követésén (gesture following) alapuló algoritmusok kerülnek felhasználásra.³⁶ Ennek ellenére gyakori a kifejezés tágabb értelmezése olyan más, mozgás- vagy pozícióérzékelésre épülő vezérlési módokra, ahol mozdulatok paraméterei képezik az áttérképezés alapját.

I.2.4. Fontos-e, hogy mit lát a közönség?

Amint arra számos tanulmány rámutat³⁷, a számítógéppel való zenélés egyik alapvető problémája nem is az előadó, hanem a közönség nézőpontjából jelentkezik. Gyakori az olyan koncertszituáció – elsősorban hagyományos beviteli eszközökkel (egér vagy trackpad, billentyűzet) történő vezérlés esetén –, amikor a színpadon, laptop mögött helyet foglaló zenész és a hangszórókból szóló zene közötti kapcsolat a hallgatóság számára egyáltalán nem, vagy csak nehezen észlelhető. Jogos reakció lehet erre a felvetésre, hogy mivel a vezérlés és a hangkeltés különválása miatt az elektronikus eszközök esetében már nem feltétlenül korrelál a gesztus és annak hangzó eredménye, felesleges lenne ennek látszatát fenntartani. Igen ám, de a hagyományos hangszerjáték audiovizuális élményén szocializálódott közönség nem tud egyik napról a másikra elvonatkoztatni attól a beidegződéstől, hogy ok-okozati kapcsolatot keressen a hanghatás és az azt kiváltó, azzal arányos gesztus között. Akár a klasszikus, akár a populáris zenei koncertekre jellemző színpadi viselkedést vizsgáljuk, azt látjuk, hogy a testi, fizikai mozdulatok nagyon gyakran messze túlnőnek a megcélzott zenei hatások létrehozásához minimálisan szükséges mértéken. Az eltúlzott gesztusok egyrészt hozzájárulnak a koncert mint közösségi esemény rituális jellegének megteremtéséhez, másrészt hitelesítik a megszólaló zenét

³⁶ Ezek az eljárások a géplátás (computer vision) mellett a gépi tanulás (machine learning) területeit is érintik. Lásd: Nicholas Edward Gillian: *Gesture Recognition for Musician Computer Interaction*. PhD disszertáció, Queen's University Belfast, 2011. (Kézirat).

³⁷ Lásd például: Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155.

azáltal, hogy kihangsúlyozzák az ember és a hang között fennálló ok-okozati viszonyt. Erre a hitelesítésre fokozott szükség van a fent említett elektronikus zenei kontextusban, ahol a nézőnek alapesetben elképzelése sincs a hallott hangok keletkezésének pontos mikéntjéről, így arról sem, hogy mi az, ami előregyártott elem, és mi keletkezik valóban élőben. A kifejtett energia és a zenei szándék láthatóvá tételével megkönnyítjük a közönség számára, hogy az aktív, résztvevő figyelem állapotába kerüljön,³⁸ ami ösztönzője, ha nem előfeltétele a pillanatban jelen lévő, inspirált zenélésnek és a közösségi-rituális élmény megvalósulásának. A tagolást, artikulációt megjelenítő gesztusok nagyban segíthetik a zene megértését is, ami nem elhanyagolható szempont a kortárs zene esetén, ahol egyébként sincs könnyű helyzetben a befogadó.

1.2.5. A nehézség és a tanulási görbe

A hangszerjátékkal kapcsolatban gyakran fogalmazódik meg az a vélemény, miszerint a zenetanuló előtt tornyosuló nehézség, a tanulásba fektetendő munka mennyisége nincs arányban az elérendő céllal, a zenélés örömével, pláne hasznosságával; ennek oka, hogy a hangszerek vezérlése túl bonyolult, nem elég hatékony és intuitív. Kézenfekvőnek tűnhet tehát a célkitűzés, hogy a digitális világ szabadságát a nehézségek eltüntetésére használjuk. A számítógépek intenzív jelenléte megteremtette az ember-számítógép interakcióval (human-computer interaction, HCI) foglalkozó kutatási területet, amely éppen a hardver- és szoftvereszközök minél könnyebb kezelési sémáinak kidolgozásával foglalkozik. Igen ám, de alkalmazhatóak-e a HCI elvei a hangszertervezés területén?³⁹

Fontos különbség a szokványos (például irodai) számítógép-használathoz képest, hogy a zenész nem felhasználó, a hangszer és annak megszólaltatása pedig nem eszköz valamiféle produktivitás eléréséhez, hanem maga a cél. Így nem felhasználóbaráttá kell tenni a rendszert, hanem az interakció élményét kell maximalizálni.

A nehézség a hangszerjáték alábbi területein jelentkezhet:

³⁸ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 142. o.

³⁹ James McDermott, Toby Gifford, Anders Bouwer és Mark Wagay: „Should Music Interaction be Easy?”. In: Simon Holland, Katie Wilkie, Paul Mulholland és Allan Seago (szerk.): *Music and Human-Computer Interaction*. (London: Springer, 2013), 29-47.

- fizikai erőbevitel nehézsége;
- ügyesség és koordinációs képesség szükségessége;
- zenei elképzelés és megvalósítás szinkronba hozása;
- nemlineáris vezérlés; nem folyamatos, egymást befolyásoló paraméterek;
- több szálon futó történet irányítása;
- ugyanazon eredmény többféle elérési módja közötti választás;
- a repertoár inherens nehézsége.

A hangszerek sokoldalúsága könnyen csorbát szenvedhet, ha bizonyos zenei eredmények elérését nagyon egyszerűvé tesszük. Jó példák erre azok a számítógépre és mobileszközökre készült hangszerszoftverek, amelyekben előre beállított skálákhoz és/vagy metrumhoz igazítják a felhasználó által bevitt gesztusokat, megszüntetve ezzel az úgynevezett hiba lehetőségét. Jordà axiómaszerű megfogalmazásában:

[...] egy jó hangszernek rossz zene játszására is alkalmasnak kell lennie (különböző rossz a hangszer – bár lehet, hogy játéknak szórakoztató)⁴⁰

Arra kell rájöttünk, hogy a nehézség fontos, sőt, elengedhetetlen része a hangszerjáték tanulásának és professzionális művelésének egyaránt. Az autotelikus (öncélú) tevékenységek – mint amilyen a zenélés is – profitálnak a megfelelő szintű nehézségből, és éppen azért kötik le az embert hosszútávon, mert szerteágazó lehetőségeket kínálnak, melyekhez mindig újabb és újabb kihívás társul. A jó hangszer esetében a tanulási görbe (learning curve) véget nem érő emelkedést mutat, mindig van hova fejlődni. Az, hogy soha nem érünk el túlléphetetlen határokig, a folyamatos felfedezés és önfejlesztés élvezetét kínálja. További szempont, hogy a jó hangszernek stimulálnia kell a kreativitást, ezért nem rejtheti el a zenész elől a részletek befolyásolásának lehetőségét. Bármilyen gondos azonban a vezérlés kialakítása, hasznos, ha szükség esetén ki lehet ugrani a hangszerépítő által rendeltetésszerűnek ítélt használat rendszeréből; az akusztikus hangszerek kiterjesztett játékmódjai például éppen így válnak hozzáférhetővé. Érdeemes tudatosítanunk azt is, hogy nehézség nélkül nincsen virtuozitás sem: ha a közönség nem érzékeli a teljesítmény mögötti, az akadályok leküzdésével és a határok

⁴⁰ Sergi Jordà: *Digital Lutherie and Multithreaded Musical Performance: Artistic, Scientific and Commercial Perspectives*. (NIME 2011). <http://vimeo.com/groups/nime2011/videos/26909526> (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

kitágításával járó erőfeszítést, akkor a virtuozitás percepciója elmarad, mint ahogy csorbul az expresszivitás, az érzelmek kifejezésének intenzitása is. Michel Waisvisz szerint játék közben muszáj kicsit szenvedni,⁴¹ és itt eszünkbe juthat például Kurtág György vagy Brian Ferneyhough zenéje, ahol – persze eltérő módon és indítatásból – az anyag mintha szándékosan nehezítve kerülne lejegyzésre, csak hogy az izmok és idegszálak megfeszülése híven tudja közvetíteni a zenébe kódolt szenvedést vagy indulatot.⁴²

I.2.6. A hangszer stabilitása

Az akusztikus hangszerek felépítése a zenész szempontjából gyakorlatilag állandó; a változás, fejlődés léptéke évtizedekben, sőt, évszázadokban mérhető, és nem is mindig szükséges vagy érdemes a legfrissebb verziót használni. A zenész egész életében egy stabil, változatlan objektum kezelésének tökéletesítésén dolgozik.

Ezzel szöges ellentétben áll a digitális hangszerek esete, melyek tiszavirág-élete sokszor egy-egy projekt időtartamára korlátozódik. Ha pedig hosszabb távon, például improvizációs céllal használt eszközről van szó, nehéz ellenállni a folyamatos fejlesztgetés kísértésének. Erre ösztönöznek a hardver- és szoftverelemek újabb, jobb verzióinak megjelenései, az interneten mások által megosztott fejlesztések, a különböző koncertszituációk támasztotta eltérő igények és az improvizátor változó zenei elképzelései. A Max⁴³ és hasonló moduláris fejlesztői környezetek lehetővé teszik, hogy az utolsó simítások a koncertet megelőző pillanatokban kerüljenek bele a rendszerbe, sőt, akár játék közben is módosítható a hangszer. Ha arra gondolunk, mennyi ideig tart koncertképes szintre fejleszteni egy hagyományos hangszeren való játékot, világos, hogy magunk alatt vágjuk a fát, és sosem leszünk saját hangszerünk virtuózai.⁴⁴ Igaz ez még akkor is, ha fejlesztéskor korlátok között tartottuk a rendszer képességeit és a kezelés nehézségét. Ha

⁴¹ Volker Krefeld és Michel Waisvisz: „The Hand in the Web: An interview with Michel Waisvisz”. *Computer music journal* 14/2 (1990): 28-33. 29. o.

⁴² Richard Toop: „On complexity”. *Perspectives of new music* 31/1(1993): 42-57. 55. o.

⁴³ <https://cycling74.com/>

⁴⁴ Mark Applebaum találóan jegyzi meg, hogy saját fejlesztésű hangszerének mindig ő lesz a legjobb játékosa – de hozzáteszi, hogy egyben a legrosszabb is. Ez jól mutatja, hogy a teljesítményt csak a hangszer tulajdonságaihoz képest, illetve általános zenei szempontok szerint érdemes megítélni. Lásd: Mark Applebaum: *The Mad Scientist of Music*. (TEDxStanford 2012). http://www.ted.com/talks/mark_applebaum_the_mad_scientist_of_music (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

szeretnénk valamennyit megvalósítani zenész és hangszer hön áhított egységéből, biztosítanunk kell legalább a részleges stabilitást. Andrew Massey tömör megállapítását Jordà helyezi a gyakorló improvizáló zenész hétköznapijainak megvilágításába:

[...] az állandóan változó kialakítás lehetetlenné teszi az igazán gyakorlott használatot.⁴⁵

Szeretek úgy játszani rajtuk, hogy nem kell minden alkalommal újraprogramoznom őket. Velem együtt fejlődnek; szeretek hozzátenni, változtatni a képességeiken, de egyszerre sosem túl sokat. Szeretem, hogy anélkül tudok egy idegennel együtt koncertezni, hogy előtte egy hétig dolgoznom kellene: plug-and-play.⁴⁶

Nem véletlen, hogy számos aktívan koncertező kísérleti zenész ezt az elvet követi. Richard Barrett hangminta-alapú improvizációs hangszere egy-egy kontroller vagy hangminta cseréjét leszámítva hosszú évek óta változatlan.⁴⁷ Michel Waisvisz is az általa kifejlesztett kezelőfelület stabilan tartásával válhatott saját rendszerének (The Hands) igazi virtuózává, annak ellenére, hogy az áttérképezésért és a hangszintézisért felelős komponenseket időnként módosította. A hangszer lényegének relatív állandósága tehát – intuitív vezérléssel párosulva – megteremtheti a virtuozitás és a hangszerjátékban való technikai-művészi fejlődés előfeltételeit.

⁴⁵ Andrew Massey: *Music and the Arts: Usability in Fact and as Metaphor*. (2003). http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/conference/2003/massey_music_arts.html (Utolsó letöltés: 2014, október 18.)

⁴⁶ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 161. o.

⁴⁷ Richard Barrett: szóbeli közlés, 2013.

I.3. A zenei célkitűzés

I.3.1. Kompozíció és improvizáció, komprovizáció

Az improvizáció a különböző kultúrák népzeneiben mindig is kulcsfontosságú szerepet játszott. A nyugati műzenében való jelenléte első ránézésre talán kevésbé szembetűnő, de ez csak a látszat, melyet többek között az utóbbi évtizedek hangfelvétel-központúsága alakított ki. Ernest Thomas Ferand szavaival:

Aligha van a zenének olyan területe, amelyet ne érintene az improvizáció; olyan zenei technika vagy kompozíciós forma, amely ne rögtönzési gyakorlatból származna, vagy ne érte volna ilyen befolyás. A zene fejlődésének egész történetét végigkísérik az improvizációs késztetés megnyilvánulásai.⁴⁸

A zeneszerző szempontjából hagyományosan – és leegyszerűsítve – kétféleképpen merül fel az improvizáció mint eszköz használata:

- Prekompozíciós módszer: A zenei anyagok gyűjtése és az azokkal való kísérletezés sok zeneszerző számára magában foglalja a valamely hangszeren – többnyire zongorán – való rögtönzést, próbálgatást, keresgélést. Rögzített akusztikus zene esetében a stúdióban, manapság a számítógépen történik az anyagban rejlő lehetőségek kísérleti úton való felfedezése,⁴⁹ ilyen értelemben tehát a számítógép az elektronikus zeneszerző improvizációs hangszere.
- A mű egyes részleteinek szabadon hagyása: Alapértelmezés szerint a zenész azt játssza, ami a kottában van,⁵⁰ az interpretáció szabadsága néhány paraméter (tempó, dinamika) finom variációjára terjed ki. Ezen a szerző

⁴⁸ Ernest Thomas Ferand: *Improvisation in Nine Centuries of Western Music: An Anthology With a Historical Introduction*. (Toronto: A. Volk Verlag, 1961): 5. o.

⁴⁹ Ezt nevezi Trevor Wishart lassú improvizációnak. Lásd: Yiorgos Vassilandonakis: „An Interview with Trevor Wishart”. *Computer Music Journal* 33/2 (2009): 8-23. 8. o.

⁵⁰ A barokk és a bécsi klasszikus zene esetében még magától értetődött, hogy a mű előadásmódjának a kottában nem rögzített részletei a stílus és konvenció szabta kereteken belül az előadóra vannak bízva. Egy zenész képzettségének és tehetségének mércéje volt, hogy mennyire tudja egyéni megoldásokkal színesíteni a leírtakat. A későbbi korok zeneszerzői egyre inkább a meghatározottság felé mozdultak el, a minden részletre kiterjedő szabályozás a 20. század közepén érte el csúcspontját. Ezzel párhuzamosan az előadói szabadság is szűk korlátok közé szorult. A század második felében aztán az aleatorikus elemek és a véletlen és egyéb technikák alkalmazása lazított a zeneszerzői determinizmuson, de a zenei improvizáció teljes szabadsága csak a jazz felől érkező muzsikások tevékenysége (például az AMM csoport) révén kezdett polgárjogot nyerni a magasművészet diskurzusában.

aleatória, szöveges és grafikus utasítások, szándékosan ambivalens jelölések használatával változtathat.

Akusztikus hangszerre és elektronikára írott darabok előadásánál újabb megvilágításba kerül az előadói szabadság kérdése,⁵¹ és jellemző, hogy az ilyen művek kapcsán jelentkezett először az elektronika interaktív vezérelhetőségének igénye. Az együttjáték szempontjából az alábbi alaptípusokat különböztethetjük meg:

- Az elektronikát követő hangszerjáték: élő és rögzített anyag kombinálásának leghagyományosabb módja. Előre elkészített hangsáv kerül bejátszásra, a hangszeres előadónak ahhoz igazodva kell a kottában lévő anyagot megszólaltatnia vagy a megadott szabályok szerint rögtönöznie. Segítségére lehetnek az orientációban a szerző által alkalmazott lejegyzési technikák (másodperc alapú notáció, a hangsáv történéseinek grafikus érzékeltetése), illetve szükség esetén a fülbe kapott taktjel. A elektronikus anyag lejátszását nem lehet befolyásolni, ezért a hangszerjátékosnak kell hozzá alkalmazkodnia. Rögzített játszanivaló esetén a hagyományos előadói szabadság részét képező agogikát például csak korlátozottan alkalmazhatja, és figyelmének egy részét a szinkronizáció köti le. A megfelelő notáció és az együttjáték szabályainak szerencsés megválasztása ennek ellenére zeneileg jól működő megoldásokat eredményezhet.⁵²
- A hangszerjátékot követő elektronika: Ma már fejlett kottakövetési (score following) eljárások állnak rendelkezésre, melyek lehetővé teszik, hogy a kotta és az élő hang összevetése alapján az elektronika kövesse a hangszerjátékot, visszaadva neki a időbeli formálás szabadságát.⁵³ Ha a szoftver az élő hangszerhangot nem csak a vezérléshez, hanem transzformáció után visszajátszva, zenei építőanyagként is használja, akkor már a szó minden értelmében élő elektronikáról beszélünk. A vezérlés bővíthető, ha a hangszerhangot analízissel több különálló paraméterre bontjuk, illetve ha a hangszerjátékot szenzorokkal és/vagy egyéb kontrollerekkel látjuk el. Ha a vezérlést ily módon teljes egészében a

⁵¹ Mike Frengel: „A Multidimensional Approach to Relationships Between Live and Non-Live Sound Sources in Mixed Works”. *Organised Sound* 15/02 (2010): 96-106.

⁵² Arne Eigenfeldt: „Generative Music for Live Performance: Experiences with Real-Time Notation”. *Organised Sound* 19 / Special Issue 03 (2014): 276-285. 277. o.

⁵³ Arshia Cont: „On the Creative Use of Score Following and Its Impact on Research”. *Sound and Music Computing Conference*. (Padova: 2011).

hangszeresre bízunk, előállhat a kiterjesztett (hyper-/meta-) hangszer esete, amikor az előadó képes akár a rendszer egészén szabadon és önállóan rögtönözni.

- Interaktív együttjáték: Valódi kamarazenei szituációt hozhatunk létre, ha az elektronikát egy második közreműködőre bízunk (vagy zeneszerzőként magunk irányítjuk), és zeneileg a hangszerrel egyenrangúvá tesszük. Ilyenkor már csak zeneszerzői döntések kérdése, hogy milyen zenei interakciós sémákat dolgozunk ki a darabban, illetve hogy mekkora előadói és/vagy improvizációs szabadságot biztosítunk a két résztvevő számára.

Az utóbbi két esetben felmerülhet a számítógéppel koncertszituációban való improvizálás lehetősége, az utolsó pontban pedig már az autonóm számítógép-alapú hangszer körvonalai is látszanak. A kirajzolódó skála másik végén az eleve improvizációs célra fejlesztett elektronikus hangszer helyezkedik el.

Az interaktív rendszerekkel dolgozó számítógépes zenész számára ugyanakkor bármilyen zenei megnyilvánulás technológiai szempontból megszerkesztett alapokon nyugszik; akkor is komponálunk tehát, amikor szabad improvizáció céljára építünk szoftveres algoritmusokat. A kompozíciós aspektust erősíti a kisebb-nagyobb előregyártott elemek (presetek, hangminták, előre elkészített és élőben módosított folyamatok) felhasználása az elektronikus improvizációban, amit ízléstől függően egyesek problematikusnak, mások épp ellenkezőleg, a műfaj egyik legizgalmasabb lehetőségének tartanak.⁵⁴

Kompozíció és improvizáció összefonódását tehát kifejezetten elősegítik az elektronikus médium sajátosságai, és persze az sem közömbös körülmény, hogy a komponista és az improvizátor ilyenkor sokszor ugyanaz a személy. Mindez gyakran eredményez olyan műveket, illetve előadásokat, amelyek nehezen engedik magukat az egyik vagy másik kategóriába beskatulyázni, és jobb híján irányított improvizációként, esetleg kompozícióként határozhatóak meg. Garth Paine például így ír ezzel kapcsolatosan saját *Encounter* című darabjáról:

⁵⁴ Richard Dudas: „»Comprovisation«: The Various Facets of Composed Improvisation within Interactive Performance Systems”. *Leonardo Music Journal* 20(2010): 29-31. 30. o.

A kompozíciós elképzelés a komprovizáció volt [...] ahol a hangszíntérre vonatkozó esztétikai döntéseket a kompozíciós folyamat határozza meg, de a lehetőségek közötti, időben kiterjedő navigáció strukturált improvizáció keretében történik.⁵⁵

I.3.2. A komponált hangszer

*Hol ér véget a hangszer, és hol kezdődik a kompozíció?*⁵⁶

(Atau Tanaka)

Amint az már az eddigiekből is kitűnik, Tanaka kérdése korántsem olyan triviális, mint amilyennek elsőre látszik. Ahhoz, hogy a számítógéppel zenélni tudjunk, a lehetőségeknek az elektronika kínálta határtalan mezejéből mindenképp ki kell hasítanunk egy mind konceptuálisan, mind technikailag kezelhető és megvalósítható darabot, hogy jól használható rendszert tudjunk építeni, ezzel pedig zeneileg is óhatatlanul determináljuk a hangszer majdani képességeit. Elektronikus hangszer építéskor tehát egyszersmind kompozíciós gesztust is teszünk azáltal, hogy a potenciálisan bejárható útvonalak egyfajta térképét belekódoljuk a rendszerbe.

A komponált hangszer fogalma, melyet a szakirodalom előszeretettel használ az új digitális zenei rendszerekre, azok két fontos aspektusára világít rá. Az egyik a már említett szabad tervezhetőség, melyet a vezérlés és a hanggenerálás szétválása teremtet meg – ebben az értelemben tetszés szerinti elemekből komponálhatunk magunknak hangszer. A fogalom másrészt arra is utal, hogy egy konkrét projekthez kapcsolódó, világos zenei szándékok mentén készülő rendszerbe többé-kevésbé az adott kompozíció tervét, lenyomatát, ha úgy tetszik: kottáját is beleépítjük.⁵⁷ Nem véletlen, hogy Atau Tanaka a számítógépes zenei rendszer öt összetevője közé sorolja a kompozíciós struktúrát,⁵⁸ hiszen a hangszer felépítése akár a darab időbeli lefolyását is meghatározhatja. Miképp a hagyományos kotta, a belekódolt zenei

⁵⁵ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 153. o.

⁵⁶ Atau Tanaka: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: *The Oxford Handbook of Computer Music*. (New York: Oxford University Press, 2009): 233-257. 238. o.

⁵⁷ Norbert Schnell és Marc Battier: „Introducing Composed Instruments, Technical and Musicological Implications”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Dublin: 2002). 156-160. 156. o.

⁵⁸ Atau Tanaka: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: *The Oxford Handbook of Computer Music*. (New York: Oxford University Press, 2009): 233-257. 238. o.

információ révén a hangszer is hordozójává válik a zeneszerző elképzeléseinek,⁵⁹ és azokat kötetlen improvizáció esetén is érvényre juttatja. A hangszernek olyan, erős karaktert tud kölcsönözni saját belső összetétele és konfigurációja, mely amellet, hogy inspirációs forrásként szolgál, egyúttal tereli is az előadót, a kijelölt mederben tartva a zenei történéseket.⁶⁰

1.4. A vezérlés és az áttérképezés megtervezése

A vezérlőfelület és az áttérképezés megtervezésekor különböző stratégiák közül választhatunk. Ha a hangelőállítás is digitális, és ezáltal teljes kontrollal rendelkezünk felette, akkor a hang előállításának akár minden paraméteréhez külön vezérlőelemet rendelhetünk. Ez a megoldás – melyet egy az egyhez típusú áttérképezésként (one-to-one mapping) szoktak emlegetni –, bár a maximális kontroll benyomását kelti, nagyon hamar játszhatatlan, az intuitív kezelést lehetetlenné tevő interfészt eredményez: amellet, hogy egy komplexebb szintézis esetén átláthatatlanul sok vezérlőelemet kapunk, eleve nehéz dolgunk van, ha pusztán a legalacsonyabb szintű⁶¹ szintézisparaméterek állítgatásával törekszünk zeneileg értelmes és expresszív hangszerjátékra. Célszerű tehát a paramétereket okosan csoportosítani, mesterséges összefüggéseket tervezni közéjük, ezáltal kezelhetőre csökkenteni a vezérlőelemek számát (few-to-many mapping). Érdeemes lehet továbbá a vezérelt szintézisparaméterek körét redukálni azokra, melyek változását az előadó egyértelműen érzékeli (ezt nevezi Goudeseune kontrollált információvesztésnek⁶²).

⁵⁹ Oliver Bown, Alice Eldridge és Jon McCormack: „Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: from Instruments to Behavioural Objects”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 188-196. 190. o.

⁶⁰ Szép példa a jelenség kézzelfoghatóvá tételére a Tangible Scores című projekt, melynek keretében egy lapos tárgyra gravírozott grafikus kotta szolgál a hangszer vezérlőfelületéül. Az előadó tapogatással szabadon bejárhatja a felületet, a mozdulatok által generált hangot pedig kontaktmikrofon továbbítja egy számítógépbe további feldolgozás céljából. Lásd: Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 609-614.

⁶¹ A *szint* kifejezést itt a programozási nyelveknél szokásos értelemben használjuk.

⁶² Camille Goudeseune: „Interpolated Mappings for Musical Instruments”. *Organised Sound* 7/02 (2002): 85-96. 95. o.

Jordà mély és széles típusú hangszereket különböztet meg⁶³ aszerint, hogy hány paraméterhez férünk hozzá közvetlenül, és azok áttérképezése⁶⁴ mennyire komplex. A *few-to-many* stratégia egyértelműen a mély felé tolja, így a hagyományos hangszerekhez teszi hasonlatossá a rendszert. A másik végletre jó példa a Jordà és társai által fejlesztett, az I.5.1. alfejezetben bemutatott Reactable, amely azonban a sok paramétert gazdag vizuális visszajelzéssel teszi átláthatóvá.

I.4.1. Jól bevált kezelőfelületek

Egy hagyományos hangszer megszólaltatása fújás, ütés, pengetés vagy dörzsölés (súrlódás) által történik,⁶⁵ mely tevékenységek során a zenészek leginkább a következő fizikai paraméterekkel operálnak: nyomás, sebesség, szög és pozíció.⁶⁶ Ezen belül háromféle vezérlési gesztust különíthetünk el: moduláció (egy paraméter változtatása), kiválasztás (több lehetséges érték közül), illetve excitáció (gerjesztés, azaz energia bevitele a rendszerbe).⁶⁷

A kontrollerek csoportosításakor általában az akusztikus hangszerekhez való viszonyulást szokás alapul venni. Eszerint az alábbi kategóriákat különböztethetjük meg:⁶⁸

⁶³ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 200. o. Egy hagyományos hangszer ilyen értelemben jellemzően „mély és szűk”: kevés paraméter nagyon kifinomult vezérlését teszi lehetővé a *kevés a sokhoz* (few-to-many) elv jegyében. A hegedűjáték öt alapvető vezérlési paramétere (a vonó sebessége, szöge, a húron elfoglalt pozíciója, a vonónyomás és a balkéz által lefoglalt hangmagasság) a megszólaló hang jóval több tulajdonságát befolyásolja, ami csak akkor válik nyilvánvalóvá, ha megpróbáljuk szintézissel pótolni az akusztikus hangkeltést. Az összefoglalóan hangszínként emlegetett paramétert például olyan résztulajdonságokra kell bontanunk, mint az összetevők száma, azok egymáshoz viszonyított hangerőarányai, a zajtartomány kiterjedése és relatív hangereje, mindezek periodikus vagy véletlenszerű fluktuációja, és így tovább. A vonó sebességének növelése pedig nem egy, hanem számtalan hang tulajdonságát fog bonyolult korrelációkban módosítani. Egy digitális hangszer ezzel szemben alapértelmezés szerint „széles és sekély”: a *sok a sokhoz* (many-to-many) elv alapján a hang összes paraméteréhez külön-külön és közvetlenül hozzáférünk, ám a bőség zavara és a paraméterek függetlensége könnyen átláthatatlan és nem túl intuitív kezelőfelületet eredményezhet.

⁶⁴ Menzies kifejezése (dinamikus vezérlés-feldolgozás, dynamic control processing) talán pontosabban illik a komplex áttérképezésekre. Lásd: Dylan Menzies: „Composing Instrument Control Dynamics”. *Organised Sound* 7/03 (2002): 255-266. 255. o.

⁶⁵ Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 23. o.

⁶⁶ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 145. o.

⁶⁷ Claude Cadoz: „Instrumental Gesture and Musical Composition”. *International Computer Music Conference Proceedings*. (Cologne: 1988).

⁶⁸ Eduardo Reck Miranda és Marcelo M. Wanderley: *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. (Middleton: A-R Editions, 2006): 20. o.

- Kiterjesztett hangszerek (augmented instruments): egy akusztikus hangszer és kiegészítő vezérlőelemek, szenzorok együttese; példaként Tod Machover Hyperinstrumentjeit⁶⁹ vagy a Zürichi Művészeti Főiskolán fejlesztett, szenzorokkal kibővített basszusklarinetot (SABRe⁷⁰) említhetjük.
- Hangszerre emlékeztető (instrument-like, instrument-inspired) felületek: a hagyományos hangszereket imitáló MIDI-alapú eszközök mellett olyan kísérletek is ide tartoznak, mint a lézerhárfa vagy a mikrotonális billentyűzetek.
- Alternatív kontrollerek: minden, ami az előző kategóriákba nem illeszkedik, az egyszerű gomboktól a háromdimenziós mozdulatkövető rendszerekig, beleértve az I.4.3. alfejezetben tárgyalt eszközöket.

Az elterjedt akusztikus hangszerek jól működő, hatékony kezelőfelületekkel rendelkeznek, ami az évtizedek, évszázadok alatti intenzív használat és tökéletesedés eredménye. E felületek sikerességét – amellet természetesen, hogy a zenei kifejezés széles skálájára tették képessé magukat a hangszereket – az is bizonyítja, hogy az elektronikus instrumentumok (szintetizátorok, elektromos gitár, különféle fúvós hangszerek MIDI-változatai) készítői sokszor változtatás nélkül vették át őket.⁷¹ A kezelőfelület és a hangelőállítás függetlenedése tehát nem jelentette azt, hogy a gyártók automatikusan új interfészek kialakítására kezdtek volna törekedni. Inkább átvették a jól bevált, megszokott felületet, függetlenül attól, hogy amúgy az elektronikus hangszer többi része mennyire volt újszerű vagy éppen az eredeti imitációja. Az átvétel mindaddig indokoltnak tűnhet, amíg a hangszer zenei képességei is a hagyományos keretek között maradnak. A valóban új hangzásokkal, játékmódokkal és zenei szituációkkal kísérletező hangszerépítő számára viszont legtöbbször a kezelőfelület radikális újratervezése az egyetlen járható út.

Jó példa a változtatás nélkül átvett vezérlőfelületre a zongorabillentyűzet. Mivel a hangmagasság meghatározása hagyományosan a kiválasztásos módszer alapján történik – egy adott skála diszkrét fokai közül válogatunk –, az egyébként folyamatos hangmagasság-változtatásra képes hangszereknél (például vonósok,

⁶⁹ Tod Machover és Joe Chung: „Hyperinstruments: Musically Intelligent and Interactive Performance and Creativity Systems”. *Proceedings of the 1989 International Computer Music Conference*. (San Francisco: 1989): 186-190.

⁷⁰ Sébastien Schiesser és Jan C. Schacher: „SABRe: The Augmented Bass Clarinet”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Ann Arbor: 2012): 109-112.

⁷¹ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 143. o.

harsona) is alapvető követelménnyé vált, hogy a játékos a skála hangjait tisztán tudja intonálni. Bár a hangmagasság-tartományban való szabad mozgás igénye már a 20. század első felében megjelent – gondoljunk csak az olasz futuristák hangszereire, a Varèse által kedvelt szirénára, vagy a thereminre⁷² –, a széles körben használt elektronikus hangszerek alapértelmezett kezelőfelülete mégis a zongorabillentyűzet lett. Igaz ez annak ellenére, hogy ez a felület a tonális, azon belül is leginkább a hét törzshangból álló, Gárdonyi és Nordhoff által 0-diatóniának nevezett⁷³ skálán való játékra lett optimalizálva, amint az a fehér és a fekete billentyűk elrendezéséből világosan látszik, így legkésőbb a dodekafónia megjelenésekor már anakronisztikusnak és impraktikusnak számított. Nem véletlen, hogy a 19. század második felétől kezdve⁷⁴ több kísérlet született a billentyűzet izomorfikus⁷⁵ átalakítására.⁷⁶ Végül a kétségtelen előnyök ellenére egyik alternatív megoldás sem terjedt el igazán, ami jól jelzi, hogy mennyire nehezen válunk meg a megszokott interfészekről. Így ír erről Ligeti György:

Jóllehet a kromatikus skála hangjai legalább a Trisztán óta teljesen egyenrangúak, a billentyűs hangszereket máig diatonikus alapon építik: a fehér billentyűk alkotják az egyházi hangnemek hangkészletét, a fekete billentyűk a módosított hangokat jelentik. Kiderül viszont, hogy atonális zenét, akár szigorú schönbergi szabályok szerinti dodekafon zenét is el lehet játszani azon a billentyűzeten, amely a történelem egy korábbi szakaszának felel meg. Ez a viszony nemcsak hogy nem zavar bennünket, hanem az okozna nagyobb nehézséget, ha most a billentyűzetet

⁷² Igaz, a theremin esetében az új lehetőségek nem feltétlenül párosultak új zenei igényekkel: a legvirtuózabb theremin-játékosok (például Clara Rockmore) hosszú évek gyakorlásával, a hangszer karakterisztikus tulajdonságainak ellene dolgozva igyekeztek megtanulni a tizenkétfokú skála szerinti tiszta intonációt és a vonósjátékra emlékeztető frazeálást.

⁷³ Gárdonyi Zsolt és Hubert Nordhoff: *Összhang és tonalitás. A harmóniatörténet stílusjegyei.* (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2012): 248. o.

⁷⁴ Már a 16. században is készült alternatív billentyűzettel (és húrozással) ellátott hangszer: Nicola Vicentino archicembalója oktávonként összesen akár 36 különböző hangmagasság előállítását tette lehetővé, ám mindezt a szokásos elrendezés kibővítésével érte el.

⁷⁵ Az izomorfikus felületeken a vezérlőelemek elrendezése egyenletes, így egyazon zenei struktúrát (például akkordot) minden transzpozícióban ugyanolyan kéztartással lehet előhívni. Lásd: Brett Park és David Gerhard: „Rainboard and Musix: Building Dynamic Isomorphic Interfaces”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression.* (Daejeon: 2013).

⁷⁶ Ezek közül Jankó Pál 1882-es verziója az egyik legismertebb. Hat, teraszszerűen egymás fölé helyezett egyéshangú billentyűsorból állította össze zongoraklavíatúráját, mely az izomorfikus billentyűzet egyik korai példájának tekinthető, és bár a 20. század elején már az oktatásban is elkezdtek használni, végül mégsem terjedt el széles körben. Lásd még: https://en.wikipedia.org/wiki/Janko_keyboard

megreformálnák. Egy radikális technikai újítás gyakran hátráltatja az új ötleteket, még ha ez ellentmondásosnak tűnhet is.⁷⁷

A hangmagasság kiválasztásához tehát sokszor jó kompromisszum a zongorabillentyűzet megtartása, a hanggenerátor többi paraméterének vezérléséhez azonban többnyire nem kínálkozik ilyen előkép. A tervezők ezért visszanyúltak a legegyszerűbb vezérlőelemekhez és -gesztusokhoz, melyek különféle gépek és eszközök kezelésére már évszázadok óta használatban voltak; ezek jellemző példái a következőkben részletesen tárgyalt potenciométerek. Az egyre elérhetőbbé váló mozgás- és egyéb szenzorok pedig új, intuitív vezérlési módok lehetőségével kecsegtetnek.

I.4.2. A vezérlőelemek dimenzionalitása

A vezérlőelemek egyik lehetséges csoportosítási módja a dimenziók szerinti felosztás. Fontos azonban tisztázni, hogy milyen szempontból vizsgáljuk ezt a kérdést. Három lehetőség körvonalazódik, még ha ezek nem is válnak el egymástól élesen:

- A teljes vezérlőfelület szabadságfokai: A kontrollerek dimenzionalitása alatt gyakran a szabadságfokok (degrees of freedom) számát értik. Ez azt jelenti, hogy például egy öt csúszkából álló felület már öt dimenzióval rendelkezik, míg ha a térben szabadon mozgó két kéz pozícióját követjük le, akkor összesen hat szabadságfokkal (kétszer három koordináta) van dolgunk.⁷⁸
- Egy konkrét vezérlőelem dimenzionalitása: Ha csak egy egyszerű vezérlőfelületet, esetleg egy komplex rendszernek egyetlen, autonóm alkotóelemét vizsgáljuk, akkor könnyebb dolgunk van: elég, ha megállapítjuk, hány dimenzióban képes változást érzékelni az adott eszköz,

⁷⁷ Ligeti György: „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 223-235. 224. o.

⁷⁸ Ez – a matematika és a statisztika területéről kölcsönvett – definíció közelíti meg a legabsztraktabb módon a dimenzió fogalmát, és talán könnyebben érthető, ha dimenziók vagy szabadságfokok helyett egyszerűen a paraméterek vagy az ismeretlen változók számáról beszélünk. Analógiaként megint csak a hegedűjáték kínálkozik: ha csak a vonó sebességét, szögét, a húron elfoglalt pozícióját, a vonónyomást és a balkéz által lefogott hangmagasságot vesszük figyelembe – és mindezek időbeli változásaival nem törődünk –, máris öt szabadságfoknál tartunk. Vagyis minimum öt olyan paraméter van, melyek bármelyikének megváltozása a hangzó eredmény módosulását eredményezi.

azaz hány térbeli tengely mentén tudunk mozdulatokat bevinni a rendszerbe. Eszerint beszélhetünk egy-, két- és háromdimenziós felületekről. A csoportokhoz az alábbiakban archetipikus példákat rendelünk hozzá:

- Egydimenziós felület: a csúszka (slider, fader, toló potenciométer).
 - Kétdimenziós felület: a derékszögű XY koordináta-rendszer egy behatárolt szelete.
 - Háromdimenziós felület: a virtuális doboz.
- A hangszerjátékhoz szükséges mozdulatok térbelisége: Az előbbi példánál maradva, az öt csúszka vezérlése nem öt-, hanem egydimenziós mozdulatokkal történik – még akkor is, ha több ujjal párhuzamosan, vagy egy ujjal, de különböző időpontokban több csúszkát is kezelünk. A kezek térbeli lekövetésénél pedig értelemszerűen három dimenzióban mozgunk. Összetett, több elemből álló felületek esetében azonban eltérhet a mozdulatok és az egyes elemek dimenzionalitása. Jó példa erre a theremin, ahol a két kézzel két egydimenziós paramétert vezérlünk, miközben összességében két dimenzióban mozgunk, sőt, a mozdulatok láttán – a konkrét előadásmód függvényében – a közönségben könnyen kialakulhat a térbeliség érzete, mint ahogy az a hagyományos hangszerjáték esetében is lenni szokott: hangszer és előadó egysége révén nem mindig egyértelmű a konkrét vezérlés és a járulékos gesztikuláció közötti határvonal.⁷⁹

A térben tett mozdulatok időbeli alakulásának elemzéséből pedig már levezethetővé válik a negyedik dimenzió, mely a vezérlőgesztusok sebességét, gyorsulását is mérhetővé teszi a tér tengelyeire lebontva. A szabadságfokok és ezzel együtt a felhasználható paraméterek számát növeli, ha nem csak a pozícióról és annak változásáról, hanem a vezérlésben részt vevő tárgy vagy testrész irányáról (orientációjáról), forgásáról is kapunk információt – ezt a kontrollerek általában több pont egyidejű követésével érik el. Ily módon akár egyetlen kéz mozgásával paraméterek sokaságához jutunk hozzá, melyek értelmezésével és feldolgozásával megállapíthatjuk a gesztusok számunkra legfontosabb aspektusait.

⁷⁹ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 142. o.

I.4.3. A tiszta dimenzionalitású vezérlőterek

Tiszta dimenzionalitású vezérlőtereknek nevezem az előbbieken említett egy-, két- és háromdimenziós terek legegyszerűbb formáit, az alábbi kritériumokkal kiegészítve:

- folyamatosan bejárhatóak;
- világosan körülhatároltak;
- az egyetlen (vagy a legfontosabb) szignifikáns vezérlőparaméter a térben elfoglalt pozíció;
- lehetőleg bárki számára spontán módon, segédeszköz és különösebb felkészülés nélkül hozzáférhetőek.

Az ilyen felületeken történő vezérlés végső soron lebontható a tengelyekével megegyező számú paraméterre. Az utóbbi évtizedekben, az érintőképernyő és a háromdimenziós lekövetési eljárások térhódításával egyre gyakrabban találkozunk ilyen vezérlőterekkel.

I.4.3.1. A komponált vezérlőelem

Komponált vezérlőelem alatt a komponált hangszer karakterisztikus jellemzőinek egyetlen vezérlőelem keretében való megvalósítását értem. Olyan egyszerű kontrollerekről van tehát szó, melyek a komplex szoftveres áttérképezés révén belekódolt zenei információknak köszönhetően egy sokszínű, egyúttal behatárolt zenei világ exploratív, felfedező jellegű dekódolására és megszólaltatására invitálnak.

Rugalmasan formálható komponált vezérlőelem legegyszerűbben egy tiszta dimenzionalitású vezérlőtér áttérképezésével hozható létre, mivel más, speciális kontrollerek esetében általában már maga a fizikai eszköz kialakítása is hordoz egyfajta megkomponáltságot. Az alábbiakban a dimenziók száma szerinti bontásban mutatunk be néhány jellegzetes vagy éppen különleges példát.

I.4.3.2. Egydimenziós terek

Az akusztikus hangszereknél igen ritka a tisztán egydimenziós vezérlőelem, leginkább talán a harsona tolócsöve nevezhető ilyennek.⁸⁰ A digitális – és általában az elektrofon – hangszerek esetében azonban mintegy alapértelmezetté váltak ezek az általában lineáris vagy körkörös mozdulatokra tervezett elemek, melyek tipikusan egyetlen paraméter folyamatos vagy szakaszos változtatását teszik lehetővé. Az elektromos és elektronikus, azon belül a hangtechnikai és telekommunikációs eszközök kezdettől fogva használtak ilyeneket, gondoljunk csak a rádió hangológombjára és hangerőszabályozójára. A digitális hangszerek toló és forgó potenciómétereinek vélhetően a keverőpult vezérlőelemei szolgáltak közvetlen előképül.

Az egyéb megjelenési formák közül már esett szó a thereminről, ahol a kéznek az antennától való távolsága befolyásolja az elektromágneses erőteret.⁸¹ Hasonló, de behatároltabb, irányítottabb mozgást enged az Ondes Martenot húzogatható, vagy a Trautonium kifeszített fémdrótja. Ez utóbbiak később a szalagvezérlő (ribbon controller) különböző formáiban keltek új életre, melyek még a klasszikus, tologombos csúszkánál is tisztább megvalósulásai az egydimenziós vezérlőelemnek, ráadásul az átmenet nélküli pozícióugrást is lehetővé teszik.

A legegyszerűbb lineáris, egy az egyhez típusú áttérképezés esetében a kontroller teljes távolságának fokozatos megtétele közben a vezérelt hangi paraméter is egyenletesen járja be tartományának egészét. Ezen kívül még az alábbi lehetőségeink vannak a mapping megtervezésekor:

- Mivel a szigorú lineáris kapcsolat az akusztikus világban ritka, egy digitális hangszer fejlesztésekor nagy lépést tehetünk a gépiességtől a természetesség és a hangszerszerűség felé, ha gondosan kikísérletezett nemlineáris skálázást alkalmazunk.
- Több kimeneti paramétert is köthetünk a csúszkához (egy a többhöz típusú áttérképezés), akár mindegyikhez különböző skálázást alkalmazva. Általában

⁸⁰ A különféle gombok, kapcsolók és billentyűk többsége is egydimenziós, de ezeknek a vezérlés szempontjából szignifikáns tartománya olyannyira szűk, hogy itt most nem soroljuk őket a tipikus egydimenziós vezérlőelemek közé. Az egyetlen nyomógombra redukált vezérlőfelület lehetőségeiről lásd: Michael Gurevich, Adnan Marquez-Borbon és Paul Stapleton: „Playing with Constraints: Stylistic Variation with a Simple Electronic Instrument”. *Computer Music Journal* 36/1 (2012): 23-41.

⁸¹ Mandel Róbert: *Elektrofon hangszerek*. (Budapest: Kossuth Kiadó, 2007): 20. o.

ezt az eljárást alkalmazzuk, amikor egy perцепciósan-zeneileg egyenletesnek ható eredményt több szintézisparaméter finom összehangolásával érünk el.

- A linearitást teljesen mellőzve, több különböző eseményt és/vagy folyamatot is elhelyezhetünk a csúszka mentén tetszőleges átfedésekkel. Ezzel a homogén, egyfunkciós vezérlőelemből gazdag expresszivitásra képes, akár autonóm zeneiséggel bíró hangszert hozhatunk létre.

Ez utóbbi változat – melyet egydimenziós komponált vezérlőelemnek neveztem el – jól példázza a digitális hangszertervezésben rejlő zeneszerzői potenciált. Ennek szemléltetésére álljon itt néhány megvalósult vagy könnyen megvalósítható példa:

- A Herrmutt Lobby kollektíva által fejlesztett BeatFader⁸² egyetlen csúszkán több, konfigurálható MIDI-üzenetet helyez el. A mozgatas helyének és sebességének variálásával változatos játékmódok érhetőek el.
- Ha a csúszkán nem csak a pozíció változásait, hanem azok sebességét és távolságát is felhasználjuk a kimeneti paraméterek módosítására – vagyis gyakorlatilag megnöveljük a dimenziók számát –, még kifinomultabban játszható hangszert hozhatunk létre.
- Egy hangfájl-alapú granuláris szintetizátor, ahol a szemcsék kiolvasási pozícióját szabadon változtatjuk egy szalagvezérlő segítségével. Ha egyenletesen végighúzom az ujjam, eredeti formájában szólal meg a hangfájl, ha egy helyben tartom, kimerevített pillanat szól, de tetszőlegesen ugrálhatok és szünetet is tarthatok. Az egydimenziós vezérlés a kiválasztott vagy előre megkomponált hangfájl révén pontosan annyi hangi-zenei dimenziót hoz működésbe, amennyi az alapanyagban megtalálható – megtoldva azokat a szabad artikuláció sokrétű transzformációs lehetőségeivel.
- Az előzőhöz nagyon hasonlít az egyik legelterjedtebb hangminta-alapú elektronikus hangszer, a scratch játékmóddal manipulált lemezjátszó. A fő különbség a hangmagasság és a sebesség összekapcsolódása az analóg technológia révén. Az igazán virtuóz lemezjátszósok (turntablistek) – mint például a svájci Joke Lanz⁸³ – játékkor a lemezeken lévő alapanyag

⁸² <http://herrmuttlobby.com/beatfader-2/>

⁸³ <http://www.suddeninfant.com/>

majdhogynem irrelevánssá válik, mert annak maximális kisajátításával⁸⁴ teljesen egyéni nyelvezetet és kifejezésmódot hoznak létre.

- A Soundpainting több olyan szituációt is kínál (például: Scanning, Circle Mode), ahol az együttes az önkonfiguráló komponált vezérlőelem elvén kezd működni.

I.4.3.3. Kétdimenziós terek

A kétdimenziós vezérlőtér kézenfekvő metaforája az előttünk fekvő üres papírlap. Erről pedig könnyen asszociálhatunk a kottára, amely tágabb értelemben és áttételesen valóban egyfajta távvezérlést valósít meg. Kétdimenziós vezérlőtérnek tekinthetjük azokat a felületeket is, amelyek több egydimenziós elemet kombinálnak úgy, hogy az elrendezés és a kezelés módja jelentőséggel ruházza fel a síkbeli kialakítást. Ilyen például az 1990-ben piacra dobott Buchla Thunder,⁸⁵ mely ergonomikusan elrendezett érintés- és nyomásérzékeny sík vezérlőelemekből áll, a generált MIDI-parancsok pedig a beépített programozási lehetőség révén testreszabhatóak. Számunkra mégis a Xenakis által 1977-ben megvalósított UPIC rendszer az első igazán releváns találmány,⁸⁶ melynek kompozíciós üzemmódja egyébként szintén a kottától kölcsönözte az idő- és a hangmagasság-tengelyt. Az 1950-es évektől kezdtek megjelenni a digitális rajztáblák (graphics tablet), melyeket hamarosan a számítógépes egér, majd később a trackpad és az érintőképernyő követett. Utóbbiak virágkora csak a 2000-es évek második felében kezdődött meg, miután a felhasználóbarát többérintéses (multitouch) technológiák kidolgozása lehetővé tette az okostelefonok és a táblagépek széleskörű elterjedését. Két fontos, zenei felhasználásra szánt eszköz azonban már kicsivel korábban, 2005 táján megjelent: a Reactable és a Lemur.⁸⁷

Korábban a számítógép-alapú zenei rendszerekre a többszörös diszlokáció volt jellemző: a vezérlőfelület, a vezérlés vizuális (képernyő), auditív és motoros (hangszóró) konzekvenciái térben elkülönültek egymástól. Míg például a force

⁸⁴ A zenei kisajátítás (musical appropriation) értelmében. Lásd: Chris Cutler: „Lopofónia”. *Magyar Műhely* 120: 43-70.

⁸⁵ <http://buchla.com/about/history-buchla/1990-thunder/>

⁸⁶ Jean-Baptiste Thiebaud, Patrick G. T. Healey és Nick Bryan Kinns: „Drawing Electroacoustic Music”. *Proceedings of the 2008 International Computer Music Conference*. (Belfast: 2008).

⁸⁷ <http://www.jazzmutant.com/behindthelimumur.php>

feedback lehetőséggel ellátott taktilis interfészek fejlesztésével a fizikai kapcsolatot, a vezérlőtestbe épített hangforrásokkal pedig a lokalizált hangkeltést próbálták mesterségesen pótolni, addig a Reactable és az érintőképernyő legfőbb újdonsága, hogy visszakerült a rendszerbe a közvetlen vizuális visszacsatolás. A manipuláció helyén tapasztalt képi visszajelzés segíti az előadót abban, hogy a saját mozdulatai és a megszólaló hangok közötti összefüggés természetéről megbizonyosodjon, és a hangszer ily módon egyre jobban megismerve könnyebben eljusson a megtestesült gondolkodás (*embodied cognition*), az internalizáció és végső soron a *flow* állapotába.

Az érintőképernyős táblagép a tiszta dimenzionalitású vezérlőtér kétdimenziós etalonjának tekinthető, hiszen a sík egy behatárolt szeletében szabad mozgást biztosít. A mozgó ujj két koordinátája két folyamatos paramétert biztosít, adatmennyiség (és dimenzió) szempontjából tehát nem kapunk többet, mint ha két párhuzamos csúszkát használnánk. Minden további ujj kettővel megnöveli a szabadságfokok számát, még ha anatómiai okokból nem is tudjuk őket teljesen függetlenül kezelni. A dolog akkor kezd igazán érdekessé válni, amikor a síkot kisebb egységekre osztjuk, melyeket különböző karakterekkel, működési módokkal ruházunk fel – mint amikor a papírlapra különböző színű alakzatokat rajzolunk.

Az eredeti Lemur hardvere az érintőképernyős táblagép előfutárának tekinthető, annál nem tudott többet – ezt jól mutatja, hogy az iPad megjelenésekor maradéktalanul át tudták ültetni az új rendszerre. Ami viszont még ma is kiemeli a többi táblagépes MIDI-kontroller közül, az a vezérlőelemek viselkedésének széleskörű programozhatósága. Már az eredeti eszközön is lehetőség volt fizikai tulajdonságok megadására, például a szimulált súrlódás és tehetetlenség mértékének változtatásával a kézzel elindított vezérlőelemek további mozgását lehetett befolyásolni. A közelmúltban pedig egy olyan elemmel bővült a táblagépes verzió, mely teljesen szabadon (HTML5 alapon) programozható. Ezzel a Lemur egy olyan intelligens, aktív és interaktív rendszerré alakítható, amely messze túllép a szokványos MIDI-vezérlő alkalmazásokon, melyek többsége még mindig szolgáian másolja a keverőpult passzív fizikai vezérlőelemeit (toló és forgó potenciométerek,⁸⁸ gombok és kapcsolók), legfeljebb egy kétdimenziós vezérlővel megtoldva azokat.

⁸⁸ A forgó potenciométer esetében különösen szembetűnő, hogy mennyire nem intuitív az érintőképernyőn való alkalmazása. A vezérléséhez ugyanis általában nem forgó, hanem egyenes vonalú mozdulatot kell tenni, ami nincs összhangban a vizuális visszajelzéssel.

Azt, hogy beépített intelligencia nélkül is elképzelhető egy intuitív, személyre szabható és az eszköz előnyeit kihasználó felület, az olyan, szabadon konfigurálható alkalmazások bizonyítják, mint például a BeatSurfing.⁸⁹ Bár más szoftverek is biztosítják a szerkesztés lehetőségét, a BeatSurfing egyszerű elemeinek elhelyezésében radikális szabadságot kapunk, tetszőleges átfedéseket hozhatunk létre, így alakul ki a jellegzetes, rendezetlennek tűnő kép. A rendszer másik fontos jellemzője – és ez a hangszerszerűség kulcsa –, hogy a kialakított felület nem határoz meg rögzített útvonalakat a mozdulatok számára, hanem továbbra is szabadon, tetszőleges gesztusokkal mozoghatunk a táblagép teljes felületén, felfedezve, bejárva a magunk alkotta világot.⁹⁰ Amikor az ujjunk áthalad egy elemen, az kiküldi a hozzá társított MIDI-parancsot. Ha egyszerre több ujjal közlekedünk különböző útvonalakon, többretegű zenei történetet generálhatunk. A BeatSurfing mindezek miatt kiválóan alkalmas kétdimenziós komponált vezérlőelem létrehozására. Ideális formában valósul meg továbbá a digitális hangszertervezésre jellemző interaktív munkamódszer: az eltervezett gesztuslehetőségekhez alakítjuk a felületet, majd azonnali tesztelés után további módosításokat tehetünk, finomítva vagy akár gyökeresen áttervezve az elemek elrendezését, egészen addig, amíg a – közben is alakuló – zenei elképzeléseink és a hangszer képességei összhangba nem kerülnek.

A kétdimenziós vezérlőelem további gyakori felhasználási módja a presetek (több paraméter állapotát rögzítő beállítások) közötti interpoláció.⁹¹ Csakúgy, mint a BeatSurfing esetében, itt is tetszés szerint elhelyezett objektumok – a presetek – között tudunk szabadon navigálni, és általában az egyes objektumok hatósugarát is külön-külön meghatározhatjuk. Az eltárolt paraméterek értékei mindig aszerint alakulnak, hogy az aktuális pozícióinkban éppen melyik objektum milyen súllyal van jelen. Ezen az elven működő kétdimenziós interpolációs lehetőség számos kreatív

⁸⁹ <http://herrmuttlobby.com/beatsurfing/>

⁹⁰ A BeatSurfing felületének kör alakú és hosszúkás elemeiről eszünkbe juthat az ütőhangszeres instrumentárium színpadi elrendezésének felülnézeti képe. Főleg kortárszenei darabok esetében gyakori, hogy a felhasznált hangszerpark és közöttük való, a darab által diktált koreográfia függvényében az előadó egyedi elrendezést tervez, melynek kialakításakor az egyéni ergonomiai igények és a zenei szempontok egyaránt szerepet játszanak. Itt a tényleges dimenzionalitás akár hangszerről hangszere változhat, gondoljunk például egy triangulum és egy marimba kombinációjára. Az egyszerre több hangszert használó ütőhangszeres a komplex térbeli mozgás és a megoldandó kérdések szempontjából is sok hasonlóságot mutat a számítógép-alapú gesztusvezérelt hangszeren játszó zenésszel.

⁹¹ Garth Paine: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155. 147. o.

zenei szoftver (például a Kyma,⁹² az AudioMulch⁹³ vagy a Max) integráns részét képezi.

I.4.3.4. Háromdimenziós terek

A háromdimenziós térben tett mozdulatokkal való vezérlés igénye egyidős a számítógép-alapú hangszerek kutatásával. Néhány híresebb példával szemléltetve az alábbi csoportosítást alakíthatjuk ki:

- Pálcák: Radio Baton⁹⁴ (Max Mathews, 1980-as évek); Lightning⁹⁵ (Donald Buchla, 1991); Digital Baton⁹⁶ (MIT Media Lab, 1996).
- Szenzoros ruhák és egyéb, testre erősített vagy kézben tartott eszközök:
 - viselhető dobgépek: Brocton-X Drum Suit (1980-as évek); Control Suit (NoTAM, 1995);
 - a test izmainak és/vagy ízületeinek mozgását, hajlását követő rendszerek: BodySynth (Van Raalte és Severinghaus, 1998); MidiDancer (Marc Coniglio, 2000); Miburi (Yamaha, 1994); BioMuse (BioControl, Atau Tanaka, 1992);
 - kézcentrikus szenzoros vezérlők: The Hands⁹⁷ (Michel Waisvisz, 1984); Power Glove (Mattel, 1989); the Gloves (MIT Media Lab, Imogen Heap, 2011); Myo armband⁹⁸ (Thalmic Labs, megjelenés előtt);
 - kézben tartott, mozgásszenzoros vezérlők: WiiMote (Nintendo, 2006), egyéb játékvezérlők.
- Érintésmentes, távolságérzékelős rendszerek: Cage és Cunningham Variations V című előadásához fejlesztett, a theremin elvén működő rendszer (Gordon Mumma és David Tudor, 1965); Joel Chadabe Solo című

⁹² <http://www.symbolicsound.com/>

⁹³ Ross Bencina: „The Metasurface: Applying Natural Neighbour Interpolation to Two-to-many Mapping”. *Proceedings of the 2005 Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Vancouver: 2005). 101-104.

⁹⁴ <https://ccrma.stanford.edu/radiobaton/>

⁹⁵ <http://buchla.com/about/history-buchla/1996-lightning-ii/>

⁹⁶ <http://web.media.mit.edu/~joep/TTT.BO/baton.html>

⁹⁷ Michel Waisvisz: „The Hands: A Set of Remote Midi-Controllers”. *Proceedings of the International Computer Music Conference*. (Burnaby: 1985).

⁹⁸ <https://www.thalmic.com/en/myo/>

darabjához készült hangszer (két theremin-antennával vezérelt Synclavier szintetizátor, 1977);

- Kamera alapú (computer vision) eszközök: Kinect (Microsoft, 2010); Leap Motion⁹⁹ (2014).

A legtöbb felsorolt példa egyedileg kifejlesztett rendszer, de az utóbbi évek elterjedt megoldásait (WiiMote, Kinect) főleg a játékkonzolok gyártóinak köszönhetjük, legújabbán pedig ismét az univerzális beviteli eszközök felé fordult a figyelem (Leap Motion, Myo). A mozgásszenzoros technológiák fejlődése megteremtette a tiszta dimenzionalitású vezérlőtér háromdimenziós megvalósításának lehetőségét. A Kinect és a Leap Motion segítségével ma már bárki kinevezheti a tér egy behatárolt darabját vezérlőtérnek, melyet tetszés szerint konfigurálhat.

Az ilyen – definíció szerint üres – tereknek persze megvannak a maguk hátrányai és kihívásai. Szemben az egy- és kétdimenziós társaikkal, itt az izmaink és a szemeink által biztosított relatív pozícióérzetten és – szerencsés esetben – a megszólaló hangokon kívül a szó szoros értelmében semmi kapaszkodónk nincs a pontos helyzetünket illetően. Hiányzik a taktilis visszajelzés, a fizikai objektum ellenállása, és ez nagyon megnehezíti a precíz vezérlést.¹⁰⁰ Thomas Hermann és Andy Hunt egyenesen természetellenesnek nevezi¹⁰¹ az ilyen kezelőfelületeket, arra utalva, hogy azok nem rendelkeznek a mindennapokban előforduló előképpel – leszámítva az ember-ember közötti kommunikáció egyes formáit, például a siketek jelbeszédét. Ezért érdekes például Tim Thompson hibrid megoldása,¹⁰² ahol a tér felosztását egy fizikailag jelen levő, nagyméretű keret jelzi, melynek különböző nyílásaiba benyúlva különböző hangokon tudunk játszani. Külön érdekesség, hogy a Space Palette újabb változatain kisebb nyílások is helyet kaptak, melyek egyszerű egydimenziós vezérlőelemek (gombok) térbeli kivetüléseiként a vezérlőtér-darabkák hangszinbeállításai (presetei) közötti váltást teszik lehetővé.¹⁰³ Egy valódi

⁹⁹ <https://www.leapmotion.com/>

¹⁰⁰ További probléma, hogy könnyű „véletlenül belenyúlni” a vezérlőtérbe, akaratlanul működésbe hozva a hangszert. Kihívást jelent még a gyakori újrakalibráció szükségessége, illetve a felismerési algoritmusok bonyolultsága okozta késés (latency) is.

¹⁰¹ Thomas Hermann és Andy Hunt: „The Discipline of Interactive Sonification”. *Proceedings of the International Workshop on Interactive Sonification*. (Bielefeld: 2004).

¹⁰² <http://spacepalette.com/>

¹⁰³ Kicsit hasonlít ez a kombináció azokra a projektekre, amelyek a táblagépek kétdimenziós felületére próbálják visszacsempészni a taktilis vezérlőelemeket. Ilyen például a TunaKnobs (<http://www.tunadgear.com/>) vagy Florian Born moduláris interfésze (http://florianborn.com/projects/modulares_interface/).

háromdimenziós komponált vezérlőelemmel állunk tehát szemben, azzal a kiegészítéssel, hogy a megkomponált vezérléshez itt fizikai-vizuális orientációs segédlet is társul.

A térbeli mozdulatokon alapuló vezérlés ugyanakkor példátlanul immerzív játékra ad alkalmat; az akadálytalan, ebből a szempontból mégiscsak természetes mozgás szabadsága életkortól és felkészültségtől függetlenül bárki számára azonnal hozzáférhetővé teszi a hangszert, és – megfelelően komplex és érdekes áttérképezés esetén – hosszas kísérletezésre inspirál. A hangszerrel először találkozó kívülálló exploratív attitűdjének kialakításához nagyban hozzájárulnak az üres tér hátrányként említett tulajdonságai: mivel nem látja, nem érzi és eleinte nem is ismeri a tér beosztását, magának kell játék közben felderítenie azt. Mindez részben a saját fejlesztésű mapping esetén is igaz: hiába ismerjük elvileg a tér szerkezetét és működését, csak sok próbálgatás és gyakorlás után lehetünk többé-kevésbé urai a hangszernek. A rendszer inherens pontatlanságaiért egyrészt kárpótol a gesztusvezérlés szabadsága, másrészt a hangszerépítő feladata, hogy azok kezeléséről az áttérképezés során gondoskodjon. Mint ahogy az akusztikus instrumentumok esetében is, a hibák és esetlegességek hozzájárulhatnak a hangszer karakterének kialakításához, ha tudatosan bánunk velük.

A megjelenése óta eltelt rövid idő alatt a Leap Motion kontroller máris számtalan hangszerépítési kísérletben kapott szerepet; ezek első hullámát Jihyun Han és Nicolas Gold cikke¹⁰⁴ foglalja össze, Miranda és Wanderley kategóriái szerint csoportosítva. Kis mérete és előnyös technikai paraméterei különösen alkalmassá teszik meglévő hangszerek, esetleg vokális performansz mozdulatvezérléssel való kiegészítésére – ha a játékos mindkét keze foglalt, akár a dobverő vagy gitárfej mozgatásával is vezérelhet effektparamétereket, vagy akár egy másik zenei réteget. Megszülettek természetesen a jól ismert hangszerek virtuális változatai is, készült például levegőben tett mozdulatokkal játszható zongora, hárfa és dobok. Ehhez képest egyelőre kevesebb olyan zenei projektről lehet tudni, ahol a Leap Motion-re épülő, a kontroller képességeit alaposan kihasználó vezérlés központi szerepet kap. Joachim Gossmann és Max Neupert például olyan rendszert dolgozott ki, mellyel egy akusztikus hangszer játékának hang- és videófelvételét térbeli mozdulatokkal

¹⁰⁴ Jihyun Han és Nicolas Gold: „Lessons Learned in Exploring the Leap Motion(tm) Sensor for Gesture-Based Instrument Design”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 371-374.

lehet remixelni. A felvett anyag először automatizált feldolgozásra kerül, melynek során hangai paraméterek alapján felcímkézett rövid szakaszokból álló adatbázis jön létre. A töredékek pontok halmazaként jelennek meg egy háromdimenziós teret leképező vizualizáción; ebben a térben tud navigálni, részeire ráközelíteni a játékos. A navigáció során érintett töredékekből egy speciális szintézisteknika (úgynevezett concatenative synthesis) segítségével áll össze az új zenei és vizuális anyag. Attól függően, hogy a részecskék térbeli elrendezésekor melyik tengelyt milyen hangai paraméternek feleltettünk meg, a kéz gesztusaival különböző zenei útvonalakat járhatunk be az eredeti felvétel anyagában. A szerzők a projekt kapcsán érzékletesen írják le azt a folyamatot, ahogy a tiszta dimenzionalitású vezérlőtér felfedi a benne rejlő zenei tartalmat a vele ismerkedő játékos előtt:

[...] a játékos egyre több tapasztalatra tesz szert saját fizikai akcióinak az észlelt eredményre gyakorolt hatásáról. Az elvárás és a bekövetkezés között kibontakozó kapcsolat fenntartja a játékos érdeklődését, míg a lehetséges akcióstratégiák feltárulkozó skálája a hatások szándékos előidézését is mindinkább lehetővé teszi.¹⁰⁵

1.5. Metahangszerek és más interaktív zenei rendszerek

Luke Dahl szerint a metahangszer paradigmátikus példája a számítógép; a zeneszerző erre a tiszta lapra, a végtelen lehetőségek leszűkítésével szerkeszti meg a lehetséges hangszerek egyikét:

A számítógép egy metahangszer; általános képességekkel felruházott alapzat, melyre felépíthető az egyedi hangszer.¹⁰⁶

Legtöbbször mégis az olyan rendszereket nevezik metahangszernek, melyek több, külön-külön is hangszerként értelmezhető egységből állnak. Eszerint metahangszer lehet bármely zenei ensemble, kórus vagy Soundpainting-együttes (lásd: I.5.2.4.), amint azt Tanaka mellett Jesse Allison és társai is megerősítik:

¹⁰⁵ Joachim Goßmann és Max Neupert: „Musical Interface to Audiovisual Corpora of Arbitrary Instruments”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 151-154. 152. o.

¹⁰⁶ Luke Dahl: „Wicked Problems and Design Considerations in Composing for Laptop Orchestra”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Ann Arbor: 2012): 57-60. 58. o.

A jól működő együttes is egyfajta metaszintű, többszereplős hangszernek nevezhető.¹⁰⁷

Kétségtelen, hogy az együttes és a kollaboratív metahangszer közötti határvonal vitatható; de a gondolat, miszerint az együttműködő előadók csoportja metahangszert formál, használható analógiának tűnik [...]¹⁰⁸

Rob Canning metahangszernek nevezi a valós idejű kottát (lásd: I.5.2.3.) is, amennyiben az interaktív módon, a zenészek kezében lévő hangszerektől elkülönülő réteget képezve válik a zene befolyásolásának eszközévé.¹⁰⁹

Ebben az értelemben minden, akusztikus eszközök távvezérlésén alapuló rendszer is ide sorolható, beleértve a robothangszereket (lásd: I.5.2.2.) és a dolgozat második felében tárgyalt orgona-alapú projektet is.

I.5.1. Klasszikus példák

A Meta-Instrument elnevezés tulajdonnévként Serge de Laubier és Rémy Dury digitális hangszerét takarja, melynek első változata 1989-ben készült el.¹¹⁰ A rendszer állandó eleme a bonyolult szenzoros vezérlőfelület, mely a kezek és a karok mozdulatait és pozícióját érzékeli, miközben taktilis visszacsatolásra is lehetőséget biztosít. A szoftveres áttérképezés és hanggenerátor cserélhető, illetve programozható; 2006-ig több, mint 150 ilyen „szoftverhangszer” készült el különböző kompozíciókhoz.

Roel Vertegaal és Ungváry Tamás SensOrg névre keresztelt rendszere¹¹¹ (1999) ember és hangszer organikus viszonyát helyezte a koncepció középpontjába, és ezzel

¹⁰⁷ Atau Tanaka: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: *The Oxford Handbook of Computer Music*. (New York: Oxford University Press, 2009): 233-257. 248-249. o.

¹⁰⁸ Jesse Allison, Yemin Oh és Benjamin Taylor: „Nexus: Collaborative Performance for the Masses, Handling Instrument Interface Distribution Through the Web”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Daejeon: 2013).

¹⁰⁹ Rob Canning: „Interactive Parallax Scrolling Score Interface for Composed Networked Improvisation”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 144-146. 144. o.

¹¹⁰ Serge De Laubier és Vincent Goudard: „Meta-Instrument 3: a look over 17 years of practice”. *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Paris: 2006): 288-291.

¹¹¹ Roel Vertegaal és Ungváry Tamás: „Tangible Bits and Malleable Atoms in the Design of a Computer Music Instrument”. *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. (Seattle: 2001). 311-312.

az ergonómia és a testreszabhatóság olyan szintjére jutott el, amely még manapság is ritkaságszámba megy – mindezt a hagyományos hangszerek külsőségeinek utánzása nélkül. A kezelőfelület vezérlőelemek sokaságából áll, mely két nagy csoportra van osztva, és ezt a térbeli elrendezés is tükrözi. A domináns kéz oldalán kaptak helyet az azonnali, gyors interakciót szolgáló kontrollerek, melyekhez hang- és taktilis visszajelzés társul; a legfontosabb egy háromdimenziós izometrikus joystick (FingerprintR). A másik oldalra a szimbolikus vezérlésű, időzítés szempontjából kevésbé kritikus elemek kerültek, vizuális visszajelzéssel. A cél az volt, hogy az eszközök elrendezése tükrözze azok funkcióját, és minél kevésbé kelljen az előadónak fejben tartania, hogy melyik hardverelem melyik szoftveres modulhoz tartozik. Mindkét síkra a teljes modularitás jellemző, és a kontrollerekből színek, címkék és szabad térbeli elhelyezés segítségével alakítható ki az aktuális darab és előadó számára legmegfelelőbb kezelőfelület. Az interfész képlekenységét legjobban a Flexipad nevű fémlapok példázzák, melyeken mágneses csúszkák és gombok rendezhetők el tetszőlegesen. Az Image-in-Kit pedig egy grafikus kották megjelenítésére alkalmas érintőképernyő, melyen virtuális gombokat lehet rendelni az aktuális kotta különböző grafikus elemeihez, megérinthetővé téve ezzel a kompozíció szimbolikus reprezentációját.¹¹² Ez utóbbi két egység a komponált vezérlőelem jellegzetességeit mutatja, míg a SensOrg kezelőfelületének egésze komponált – pontosabban komponálható – hangszerek tekinthető.

Michel Waisvisz évtizedeken át vezette az amszterdami STEIM kutatóközpontot, amely máig az emberközpontú technológián és a fizikai érintésen, a test intelligenciáján alapuló elektronikus zenei interfészek fellegvára. Már az 1974-ben elkészült CrackleBox is az érintésen alapult, amennyiben az előadó bőrfelületét a hangkeltő áramkör részévé tette; utolsó nagy projektjében pedig Waisvisz a játékos mozgása által generált áramot tervezte felhasználni az elektronikus eszközök működtetésére. Legfontosabb hangszere az 1984-ben, közvetlenül a MIDI szabvány megjelenése után megépített The Hands, melynek élete hátralévő részében valódi virtuózává vált:

Abban az időben a legtisztább értelemben vett saját szónikus szabályokkal rendelkező elektronikus zene után kutattam, melynek narratíváját kizárólag áramlás,

¹¹² Vö. Tangible Scores, lásd: Enrique Tomás és Martin Kaltenbrunner: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 609-614.

ritmus és hang szekvenciái fejezik ki. Szükség volt egy hangszerre, amellyel megérinthezővé válhatott a hang. Kezelni, navigálni, komponálni, formálni és játszani akartam a hangot, érzékenyen, kifinomultan, sőt, érzéken és izgalmasan! Olyasvalamit szerettem volna tehát, ami akkoriban egyáltalán nem volt az elektronikus zene sajátja!¹¹³

A kontroller két, a kéz formájához idomuló fogólappól áll, melyre billentyűk és mozgásszenzorok vannak erősítve oly módon, hogy az előadó játék közben szabadon mozoghat. A számítógépbe továbbított MIDI-jeleket érzékenyen reagáló szoftveres algoritmusok dolgozzák fel, melyek intelligens, a játékos utasításait olykor felülbíráló vagy kiegészítő elemeket is tartalmaznak. A vezérlés az egyes hangok elindításán és manipulációján túlmenően nagyobb léptékű hangfolyamok formálását is lehetővé teszi. Waisvisz fontosnak tartotta a hangszerjátékhoz hagyományosan kapcsolódó tanulási folyamatot, mely a kifinomult irányítás és ezzel a magas színvonalú zenélés előfeltétele. Ehhez viszont az szükséges, hogy a hangszer ne változzon folyamatosan; legyen egy olyan, a fejlesztéstől időben elkülönülő gyakorlási fázis, amikor a játékos egy stabil rendszeren tud a virtuoizitás elérésén dolgozni.

A fenti példákból úgy tűnhet, hogy az interaktív zenei rendszereket leginkább az egyedileg kialakított kezelőfelület definiálja, a többi komponens (áttérképezés, hangelőállítás) mintha másodlagos jelentőséggel bírna, és kevésbé járulna hozzá a hangszerek karakteréhez. Ennek oka, hogy utóbbiakról számítógépes szoftver gondoskodik, melynek legnagyobb előnye éppen a könnyű cserélhetőség, az adaptáció, remixelés lehetősége. A legtöbb rendszer eleve flexibilis szoftveres infrastruktúrát kínál, melybe a saját elemek és módosítások egyszerűen beépíthetőek. Manapság a tiszta dimenzionalitású vezérlőterek használatával előállhat az az egyensúly, amikor a szoftveres konfigurálhatóság a kezelőfelületre is kiterjed, és az ily módon vizuálisan sem válik a többi komponensnél hangsúlyosabbá.

Bármennyire is intim és/vagy testreszabható az eddig tárgyalt hangszerek vezérlése, a belső működés részletei – legalábbis a szemünk előtt – rejtve maradnak. Nem úgy, mint az interaktív zenei rendszerek egy másik típusát képviselő

¹¹³ Michel Waisvisz: *The Hands*. (2006). <http://www.crackle.org/TheHands.htm> (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

Reactable¹¹⁴ esetében. Ez egy asztalformájú eszköz (tabletop), melynek képernyőként is funkcionáló felületére különböző fizikai elemeket kell helyezni. A felület alatt működő kamera a tárgyak alján lévő jelek felismerésével beazonosítja a tárgyak típusát és pozícióját, majd ennek alapján hangot és vizuális visszajelzést generál. A különböző funkciójú, egymás működését befolyásoló tárgyak virtuális összekapcsolásával kiterjedt algoritmus építhető, melynek paramétereit az elemek forgatásával lehet változtatni. A Reactable a felhasználó szempontjából tulajdonképpen az érintőképernyő elvén működik, a térbe kivetülő vezérlőelemek fizikalitásával megtoldva azt. Nem a mély, hanem a széles típusú vezérlést valósítja meg: egyszerre több szinten, sok paraméterhez enged közvetlen hozzáférést, de szelektív és aszinkron játékmódot is lehetővé tesz azáltal, hogy a hangszer éppen nem vezérelt részeit automatikusan működteti. A gazdag vizualizáció és a taktilis közvetlenség intuitívvá teszi a nagyszámú paraméter kezelését, és többszereplős, kollaboratív játékokra is módot nyújt. Az ilyen típusú interaktív zenei rendszerek esetében kevésbé jut eszünkbe a hagyományos hangszerjáték analógiája, inkább valós idejű hangszerépítésről beszélhetünk: a gesztusaink nyomán szintetizátorok épülnek fel és bomlanak le, miközben zenélünk rajtuk – csakúgy, mint a következő alfejezetben bemutatott live coding esetében.

I.5.2. Néhány speciális eset

Az alábbiakban nem konkrét eszközökről lesz szó, hanem olyan zenélési szituációkról és hibrid rendszerekről, ahol a digitális hangszerek legfontosabb jellemzői valamilyen – többnyire módosult – formában tetten érhetőek. A fókusz tágitásával akusztikus elemek is bekerülnek a képbe, így az itt tárgyalt esetek már a dolgozat második részében bemutatandó projekt tapasztalatait is előrevetítik.

¹¹⁴ Sergi Jordà, Günter Geiger, Marcos Alonso és Martin Kaltenbrunner: „The Reactable: Exploring the Synergy Between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces”. *Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction*. (Baton Rouge: 2007). 139-146.

I.5.2.1. Live coding

A live coding olyan számítógép-alapú, improvizációs zenélési forma, ahol a résztvevők koncert közben, élőben írják meg és/vagy alakítják át a hangokat létrehozó algoritmusokat. Úgy is fogalmazhatunk, hogy szoftveralapú hangszert építenek a színpadon, mégpedig oly módon, hogy az már egy igen korai készülségi fázistól kezdve működésben van. A hangszer-analógia akkor áll meg, ha az intelligens, interaktív zenei rendszer értelmében használjuk. Az előadó-programozó tipikusan nem a hang(jegy), hanem a zenei folyamatok szintjén fejt ki vezérlést: algoritmusokat épít, ki- és bekapcsolja, bővíti, átalakítja őket, változtatja a paramétereiket. A live coding egyik központi gondolata a működés transzparenciája, mely az alakuló programkódoknak a közönség számára láthatóvá tételét jelenti. Bár a szöveggépelés mint vezérlési mód nélkülözi a hagyományos hangszerjátékra vagy a gesztusvezérlésre jellemző közvetlenséget, sok előadó gyors, virtuóz programozással igyekszik ezt ellensúlyozni. A kivetítés is segít azzal, hogy az aránylag lassan formálódó zenei szöveghöz a dinamikusabban épülő programkód látványát társítja. Érdekesség, hogy éppen ennek ellenhatásaként létrejött egy slow code mozgalom, mely a slow food analógiájára próbálja háttérbe szorítani a gyorsaság iránti igényt.¹¹⁵

A live coding útján improvizáló zenész leggyakrabban a semmiből indulva építi fel a közönség szeme láttára és füle hallatára a zenei struktúráit. Ez persze nem teljesen igaz: valójában az élő programozáshoz használt keretrendszer meglévő infrastruktúrája sokkal több a semminél, olyannyira, hogy akár jelentősen befolyásolhatja a felépülő zene esztétikai minőségét pusztán azáltal, hogy bizonyos megoldásokhoz könnyebb, másokhoz nehezebb eljutási lehetőséget biztosít.¹¹⁶ Ebben tulajdonképpen a komponált hangszer egyes ismertetőjegyeit mutatja, azzal a különbséggel, hogy a lehetőségek kezdetben széles tárháza az előadó programozási

¹¹⁵ Iohannes m zmölnig és Gerhard Eckel: „Live Coding: An Overview”. *Proceedings of the International Computer Music Conference*. (Köbenhavn: 2007): 295-298. 296. o.

¹¹⁶ Erre utal Johannes Fritsch indultatos megjegyzése: „Max/MSP: hallom! felismerem!” (szóbeli közlés, 2009). A felhasznált eszközök által különböző mértékben bár, de óhatatlanul kijelölt utak könnyen rányomják a bélyegüket az elkészülő zenére, mely így a szerző egyénisége mellett zavaró mértékben magán hordozhatja az eszköz karakterét is. Ez a probléma természetesen nem korlátozódik a live coding területére, és az egyre könnyebben használható zenei szoftverek széleskörű elterjedésével mindennapos jelenséggé vált. Fritsch is hozzátette azonban, hogy innentől minden a szerzőn múlik: ha a zenei elképzelés ereje és a megvalósítás rafinériája túleszi a gyári szoftverelemek karakterén, akkor minden rendben – és erre éppen a live coding esetében, az alacsony szintű beavatkozás lehetőségénél fogva minden esély meg is van.

és zenei döntései mentén fokozatosan szűkül. Ugyancsak kínálkozik a hagyományos komponálás analógiája, ahol az üres lap betelítésével haladunk a végtelen számú lehetőség felől az egyetlen megvalósult verzióig. A fokozatosan bezáródó kapuk szomorú víziója a hangszerépítés és a live coding esetében enyhébb formában jelentkezik, hiszen az alakuló vagy előzőleg elkészített hangszer biztosította keretek között végül azért mégiscsak szabadon improvizálhatunk.

A live coding jellegéből adódóan – minthogy a munka folyamatosan a motorháztető alatt zajlik és ezért nem igazán intuitív – elengedhetetlen, hogy az előadó jól ismerje a rendszert, amelyben dolgozik.¹¹⁷ Ebben tehát sokkal közelebb áll az akusztikus hangszerekhez, mint a könnyű hozzáférhetőséget megcélzó mozgásszenzoros megoldásokhoz. Mivel szigorú szintaxissal rendelkező nyelvekről van szó, a zenei szándékot egzakt megfogalmazással kell a gép számára érthetővé tenni. A nyelvi struktúrákba foglalt instrukciók előadás közbeni továbbítása a különböző jelnyelvek, például a Soundpainting kapcsán lehet ismerős. A hangszer előben történő összerakása sem a live coding újdonsága: a szabad improvizáció világában nem szokatlan, hogy a hangszer (de)konstrukciója a performansz szerves részét képezi, és ez jól illeszkedik a műfaj azon esztétikai attitűdjéhez, mely a zenének alapelemekre való lebontását és újra felépítését szorgalmazza. Végezetül meg kell említenünk a Reactable-höz hasonló intelligens zenei rendszereket, melyek sikerrel egyesítik a kis egységekből való építkezés és az intuitív kezelhetőség előnyeit.¹¹⁸

I.5.2.2. Robothangszerek és robotzenekarok

A hangok elektronikus előállítása szempontjából bizonyos értelemben a rendszer utolsó eleme, a konkrét hanghullámokat létrehozó hangszóró a leggyengébb láncszem. Ligeti 1968-ban így fogalmaz:

A hangszóró azonban alapvetően hátrányban van a rezgő légoszlopokhoz, nyelvekhez és húrokhoz képest: egyformán alkalmasnak kell lennie minden

¹¹⁷ Thor Magnusson: „Improvising With the Threnoscope: Integrating Code, Hardware, Gui, Network, and Graphic Scores”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (London: 2014). 19-22. 22. o.

¹¹⁸ Oliver Bown, Alice Eldridge és Jon McCormack: „Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: from Instruments to Behavioural Objects”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 188-196. 191. o.

frekvencia lejátszására és nem szabad, hogy saját rezonanciája legyen. Ez azt jelenti, hogy az elektronikus zene laposságának egyelőre nem az elektronika, hanem a hangszórómembrán minősége az oka. Ehhez még más problémák is járulnak, például az erősítő saját zöreje. Mindezek azonban csak pillanatnyi gátló tényezők; ezen a téren a technika fejlődése még nem sejtett, új lehetőségekhez vezethet.¹¹⁹

Ligeti optimizmusát némileg beárnyékolja, hogy Trimpin még 1993-ban is hasonlóan vélekedik:

Itt van ez a sok divatos digitális felvevő, és mi még mindig egy közel százéves hangszórót használunk, egy nagy mágneses tekercset fizikai membránnal. Nevetséges. Digitálisan minden részletet rögzítünk, de a kimeneti oldalról hiányzik a hangszer rezonanciája. A hangszórók jövőjét egy másfajta felépítés jelenti, amely jobban emlékeztet a hangszerek akusztikus zengésére. Majd akkor beszélhetünk fizikai reakcióról.¹²⁰

Arne Eigenfeldt pedig arra utal, hogy a zeneszerző számára, amennyiben akusztikus hangszerek hangjával szeretne dolgozni, még manapság, a fejlett fizikai modellezési algoritmusok korában sincs igazán alternatívája az eredeti hangkeltési mechanizmusnak:

[...] ahelyett, hogy akusztikus hangszerek valóságosabb szintetikus reprezentációjával próbálkoztam volna – ami úgyis csak ahhoz a kritikához vezetett volna, hogy nem sikerült pontosan visszaadni az eredetit – inkább elkezdtem magukat az akusztikus hangszereket használni, számítógépes vezérléssel.¹²¹

A konkrét technikai hiányosságokon túlmenően a hangszórók által generált hangkörnyezet virtualitása a koncert mint közösségi esemény közvetlenségét is negatívan befolyásolhatja. Laura Maes és társai így fogalmazzak:

¹¹⁹ Ligeti György: „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 223-235. 228. o.

¹²⁰ Kyle Gann: „Trimpin's Machine Age: A Revolutionary Tinker Revives the Dream of Infinitely Fluid Music”. In: *Music Downtown: Writings From the Village Voice*. (Berkeley: University of California Press, 2006): 33-38. 38. o.

¹²¹ Arne Eigenfeldt: „Generative Music for Live Performance: Experiences with Real-Time Notation”. *Organised Sound* 19 / Special Issue 03 (2014): 276-285. 281. o.

[...] a hangszóró mint hangforrás (minden elektronikusan generált hang velejárója) az akusztikus valóság virtualizációja. Ezáltal kétségesse teszi a koncert mint szociális rítus létjogosultságát.¹²²

Az elektronikus vezérlés előnyeinek az akusztikus hangkeltés közvetlen fizikalitásával és készen kapott gazdagságával való kombinálására számos lehetőség kínálkozik. Ezek egyike a távvezérelt robothangszerek építése, ahol a hang létrehozásáért felelős emberi előadót gépi mechanika váltja fel, így a vezérlés és a mapping megtervezése a digitális rendszerekre jellemző szabadság és pontosság jegyében történhet. A humán faktor kiiktatásával megszűnnek a kognitív és fiziológiai korlátok: egy robot potenciálisan nagyobb virtuozitásra képes – több hangot és gyorsabban tud játszani, több zenei réteget tud egyidejű kontroll alatt tartani –, mint egy ember. Továbbra is számolni kell azonban azokkal a fizikai törvényekkel, amelyek a mechanikus hangelőállításra érvényesek.

A robothangszerek egyik közvetlen előfutárának tekinthető a gépzongora, mely hagyományos formájában lyukszalagokon előre rögzített információk alapján szólaltat meg hangokat, így élő vezérlésre mindössze a tempó, esetleg a globális dinamika vonatkozásában ad lehetőséget. Az 1980-as években megjelentek a gépzongora első digitális reinkarnációi (Bösendorfer 290SE, Yamaha Disklavier, PianoDisc). Trimpin egy bármely zongora billentyűzetére kívülről ráhelyezhető mechanizmust (Vorsetzer) készített, ez szolgált mintául a Winfried Ritsch által fejlesztett Autoklavierspieler, illetve a Logos Foundation Player Piano I és II nevű hangszerei számára.

Trimpin zavarbaejtően sokszínű munkássága messze túlmutat a gépzongorákon. Legtöbb munkája valahol a hangszer és az installáció metszéspontjában helyezhető el. Épített MIDI-vezérlésű vízszелеpeket (Liquid Percussion), kilenc játékgongorából álló automatizált együttest (Klavier Nonette) és elektromágnesesen lebegtetett gamelánt. Részt vett a Karmetic Machine Orchestra hangszereinek kifejlesztésében, David A. Jaffe *The Space Between Us* című művéhez pedig ütőhangszereket alakított át távvezérlésűvé – ez utóbbi darab bemutatóján a közönség fölé lógatott hangszerek összességén egyetlen Radio Baton segítségével játszott az előadó.¹²³ A Nancarrow által megálmodott, a gépzongorához hasonló elven működő ütőhangszeres együttest

¹²² Laura Maes, Godfried-Willem Raes és Troy Rogers: „The Man and Machine Robot Orchestra at Logos”. *Computer Music Journal* 35/4 (2011): 28-48. 28. o.

¹²³ <http://otherminds.org/shtml/Jaffespace.shtml>

modern formában, Nancarrow Percussion Orchestra címmel valósította meg a szerző születésének századik évfordulójára.¹²⁴

Napjainkban gombamódra szaporodnak a több robothangszerből összeállított zenekarok. Közös bennük, hogy a hangkeltés többnyire akusztikusan, hagyományos hangszerek vagy más tárgyak átalakításával történik, de a működés részletei és az építők célkitűzései tekintetében fontos különbségeket figyelhetünk meg. Íme néhány példa:

- A zenei robotokat építő műhelyek gyakran különböző egyetemek köré szerveződnek. Ilyen a KarmetiK Machine Orchestra:¹²⁵ 2006 és 2012 között nyolc ütőhangszeres robotot és egy harmóniumot készítettek. A zenészek hangszerszerű, szenzorokkal kiegészített kezelőfelület segítségével szolgáltatók meg őket. Az Expressive Machines Musical Instruments (EMMI¹²⁶) nevű csoport nagy robotzenekart tervez, ennek első darabjai dob- és monochord-alapú eszközök, illetve egy aktatáskába rejtett, hordozható perkusszív szett. Mobil dobverőkkel bármilyen tárgyból készíthető robothangszer, több verővel felszerelt dobjuk pedig másodpercenként akár 60 ütésre is képes. Az Ensemble Robot¹²⁷ eddig öt zenei automatát fejlesztett, melyek közül hangkeltés szempontjából a szabályozható sebességgel forgó csövekből álló, egyebekben fúvóhangszerként működő Whirlybot-ot érdemes kiemelni. Az eszközökre számos, azokat hagyományos hangszerekkel és elektronikával kombináló kompozíció született.
- Jacques Rémus hangszerei, hangszobrai, installációi:¹²⁸ A *Concertomatique no. 2* egy modern orchestrion, mely 11 mechanikus automatát, köztük két orgonát, ütőhangszereket és vonósnygyest tartalmaz. Érdemes még kiemelni a 32 átalakított mosógépből épített hangszert, vagy a 40 csőharangból álló *Carillon no. 3*-at, mely installációszerűen van elhelyezve a térben, és vagy magától zenél, vagy pedig a közönség szólaltathatja meg különböző interfészek segítségével. Ez utóbbiak közül a mikrofonos hangvezérlést (Le Microphone Chef d'Orchestre), és különösképpen a Rémus által 1992 óta fejlesztett *Caméra Musicale*-t emelném ki, amely a Reactable működési elvét

¹²⁴ http://bampfa.berkeley.edu/images/general/press/press_PDF/Timpin_PressRelease_final.pdf

¹²⁵ <http://www.karmetik.com/labs/robots>

¹²⁶ <http://expressivemachines.com>

¹²⁷ <http://www.ensemblrobot.com/>

¹²⁸ <http://jacques-remus.fr/installations-sculptures-sonores/>

ötvözi a Leap Motion játékerzetével – a kéz pozícióját és mozdulatait kódolja át a robotokat vezérlő (MIDI-) parancsokká.

- Electric-Motion-Orchester¹²⁹: Christof Schläger a hagyományos hangszerek továbbfejlesztése, automatizálása helyett a mindennapokban észlelt hangok (csengő, radiátorszelep, varrógépmotor, tűzőgép, jelzőkürt, lemezjátszó motorja, garázskapu stb.) mesterséges leutánzására épít nagyméretű robotokat. Három évtized alatt 25 ilyen eszközt készített.
- Eric Singer LEMUR (League of Electronic Musical Urban Robots) nevű alkotócsoportja MIDI-vezérelt xilofont, shakereket, tibeti éneklő edényeket, gamelánt és hasonlókat fejleszt.¹³⁰ Legtöbbjük akusztikus, de akad köztük elektronikus hangkeltésű eszköz is. A csoport célja nem az emberi közreműködés kiváltása, sokkal inkább annak kiterjesztése különböző kontrollerek segítségével. A LEMUR munkája a Pat Metheny által használt Orchestrion is: a negyvennél is több robohangszer vezérlésére az előadó gitárt, billentyűzetet és számítógépes szoftvereket használ, így szólóban, mégis élőzenei kísérettel képes koncertezni. Szintén Singer csapata áll George Antheil kultikus *Ballet mécanique*-jának 2006-os washingtoni robotverziója mögött.¹³¹
- Man and Machine Robot Orchestra.¹³² A Gentben működő Logos Foundation első robohangszere az 1990-es Autosax, melyet 45-nél is több társa követett. A zenekarban szinte minden hangszercsalád képviselteti magát: vannak orgonaszerű, egyszólamú fúvós, vonós és ütőhangszerek, valamint zajgenerátorok. A fejlesztők nagy hangsúlyt fektetnek a zeneszerzőkkel való együttműködésre, mely gyakran a hangszerek módosításához, továbbfejlesztéséhez vezet. Honlapjukon részletes útmutatót tesznek közzé az eszközök zenei képességeiről és vezérlési módjáról.¹³³ Invisible Instrument néven saját, a Doppler-radar elvén működő mozgásszenzoros vezérlést dolgoztak ki, a hangszerekre való komponáláshoz pedig valós idejű programozási nyelvet fejlesztenek.

¹²⁹ <http://www.christofschlaeger.de/instrumente.htm>

¹³⁰ <http://www.lemurbots.org/>

¹³¹ Paul D. Lehrman és Eric Singer: „A Ballet Mécanique for the 21st Century: Performing George Antheil’s Dadaist Masterpiece With Robots”. *Proceedings of the 2006 Conference on New Interfaces for Musical Expression*. (Paris: 2006). 300-303.

¹³² Laura Maes, Godfried-willem Raes és Troy Rogers: „The Man and Machine Robot Orchestra at Logos”. *Computer Music Journal* 35/4 (2011): 28-48.

¹³³ http://www.logosfoundation.org/instrum_gwr/manual.html

- A Squarepusher néven alkotó brit IDM-zenész, Tom Jenkinson 2014-ben megjelent Music for Robots című lemezének¹³⁴ anyagát a japán Kenjiro Matsuo és csapata által fejlesztett Z-Machines nevű zenélő robotok segítségével hozta létre. Az együttest egy 78 ujjú gitáros, egy 22 karú dobos és egy lézerrel zongorázó billentyűs robot alkotja. A német Compressorhead-hez hasonlóan¹³⁵ a robotok antropomorf kialakítása, illetve a rockzenei gesztikulációra ráerősítő színpadi mozgás¹³⁶ és látványvilág mind azt hivatott sugallni, hogy a robotok nemcsak pótolni tudják az élő zenészeket, hanem képességeikkel messze felül is múlják azokat. Minden technikai virtuozitásuk és látványosságuk ellenére azonban ezek a próbálkozások egyelőre inkább a show és a geg szintjén maradnak, zenei szempontból pusztán mennyiségi változást (több hang, gyorsabb tempó) hoznak, anélkül, hogy a zenei robotikában rejlő kreatív lehetőségek mélyére ásnának.

A felsorolt példákból is látható, hogy a robothangszerek használata általában erős vizuális vonatkozásokkal is bír. Az, hogy e gépek mint objektumok térbeli egyediségét mennyire helyezzük a fókuszba, a képzőművészet felé tolva így egy-egy mű találását és befogadását, alkotói döntés kérdése.

A távvezérelt akusztikus megszólalás különböző kontextusokba helyezését jól példázza Eli Keszler¹³⁷ installációja, melynek különböző megvalósulási formái (Cold Pin, Archway) kifeszített zongorahúrok távvezérelt, generatív eljárások alapján történő megszólaltatásán alapulnak. Önálló, bel- vagy kültéri hanginstallációként a környezettel összekapcsolódó térbeli műalkotásként viselkedik, míg egy koncert keretei közé beemelve időbeli dimenzióval gazdagodik. Ez utóbbit tovább erősíti, ha élő zenészek megkomponált vagy improvizált anyagot játszanak hozzá; az öntörvényű algoritmus és az emberi akciók önkéntelen viszonyulása érdekes párbeszéddel gazdagítja a két réteg egyidejűségét.

A robothangszerek által keltett hangok az akusztikus hangelőállításra jellemző, finoman cizellált térbeliséggel is rendelkeznek. Egy tárgy különböző részeiben keletkező és különböző irányokban távozó rezgéseit még a legkiválóbb hangszórók

¹³⁴ <http://warp.net/records/squarepusher/squarepusher-music-for-robots>

¹³⁵ <http://compressorhead.rocks/>

¹³⁶ Érdekes megfigyelni, ahogy a zenéléshez közvetlenül nem szükséges, járulékos gesztikulációt is modellezték a készítőik.

¹³⁷ <http://elikeszler.com/>

kombinációjával is csak megközelítően lehet modellezni. Az akusztikus térbeliség kapcsán Jim Murphy így fogalmaz:

[...] azon művészek és zeneszerzők számára, akik a hangszórók által nem hozzáférhető lokalizáció és spacializáció iránt érdeklődnek, a zenei robotika továbbra is egy lehetőség új zenék és új hangok kutatására.¹³⁸

1.5.2.3. Élő kottával vezérelt élő zenészek

Valós idejű vagy élő kottáról akkor beszélünk, ha a hangszeres előadónak szóló instrukciók nem előzőleg összeállított és rögzített kotta formájában állnak rendelkezésre, hanem az előadás során alakulnak ki, és a zenész előtt elhelyezett képernyőn vagy kivetítőn jelennek meg.

Az, hogy a zeneszerző a mű bizonyos aspektusait nyitva hagyja, nem újdonság: a nyitott vagy mobil formák, az aleatória és a grafikus notáció (vagy a zenei grafika¹³⁹) mind olyan technikák, amelyek átengedik a döntések egy részét az előadónak. Az élő kotta ezzel szemben jellemzően nem az előadó jogköreit bővíti, sőt, még meg is fosztja őt attól a privilégiumtól, mely általában magától értetődik: a darab zenei tartalmának és formájának pontos előzetes ismeretétől. Amellett, hogy a formarészek sorrendisége a koncert közben dőlhet el, az előre megírt anyagok módosulhatnak vagy teljesen újak generálódhatnak. A kotta reagálhat környezeti tényezőkre vagy az előadó játékának meghatározott paramétereire. A zeneszerzők a számítógéppel segített komponálásban (computer aided composition) szerzett tapasztalataikat itt valós időben kamatoztathatják, de az elektronikus zenében használatos algoritmikus technikák is átültehetőek.

A live codinghoz hasonlóan a valós idejű kottát alkalmazó előadások esetében is szokás a kottát a közönség számára láthatóvá tenni. Ez lehetővé teszi, hogy a közönség felfedezze és dekódolja az instrukciók és a hangok közötti összefüggést, amire a kottát használó hagyományos zenék esetében nincs közvetlen lehetősége. Ez különösen akkor igaz, ha a vizuális információ nem annyira a hagyományos zenei

¹³⁸ Jim Murphy, Ajay Kapur és Dale Carnegie: „Musical Robotics in a Loudspeaker World: Developments in Alternative Approaches to Localization and Spatialization”. *Leonardo Music Journal* 22(2012): 41-48. 47. o.

¹³⁹ Ligeti György: „Új notáció – kommunikációs eszköz vagy öncél?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 197-209.

notáció jeleivel, mint inkább absztrakt grafikus elemekkel dolgozik. Ilyenkor viszont – hasonlóan a papíralapú grafikus kottákhoz – előzetes megegyezésre van szükség szerző és előadó között jelmagyarázat vagy szöveges instrukció formájában. A komponista tehát eldöntheti, hogy egyezményes notációt használ, és ezzel a zenész univerzális kottaolvasási és zenélési tapasztalatára épít, vagy pedig megtoldja, módosítja a rendszer belső intelligenciáját saját jelölésmódok definíciójával, játékszabályok lefektetésével, vagy éppen a szabad asszociációra és/vagy rögtönzésre való buzdítással.

A valós idejű kottagenerálás az esetek többségében előre programozott algoritmusok alapján, automatikusan zajlik, és nem igényli egy külön számítógépes előadó aktív, zenei jellegű közreműködését. David Kim-Boyle *Valses and Etudes és tunings* című darabjaiban kottaoldalak folyamatosan változó, olykor vizuális effektekkel szándékosan olvashatatlaná tett kivágatai alapján kell játszani, *music for 2* című művében pedig egyszerű grafikus ábrák követik egymást, melyek sorrendjét a zenészek játéka befolyásolja.¹⁴⁰ Harris Wulfson *LiveScore* című munkájában már megjelenik a külső vezérelhetőség, mégpedig a közönség bevonásával: egy kihelyezett kontroller segítségével bárki befolyásolhatja a zenészek előtt megjelenő kotta, és így a megszólaló zene paramétereit.¹⁴¹ Georg Hajdu *Quintet.net* elnevezésű projektjében a hálózatba kötött laptopok egyszerre jelenítenek meg valós idejű kottát,¹⁴² és szolgálnak a résztvevők egyéni hangszereinek vezérlőfelületeként is. Arne Eigenfeldt generatív eljárásokat használ, melyek elektronikus hanganyagot, robothangszereket és élő zenészeket irányítanak, utóbbiakat leginkább csak inherens expresszivitásuk miatt:

[...] az expresszivitást, legyen az melodikus vagy ritmikus, még mindig nagyon nehéz digitálisan előállítani; éppen ezért használok továbbra is emberi előadókat.¹⁴³

Jelen dolgozat szempontjából azonban érdekesebb az a szituáció, amikor a kotta generálását egy aktívan közreműködő játékos irányítja, ilyenkor ugyanis az ő

¹⁴⁰ David Kim-Boyle: „Real-Time Score Generation for Extensible Open Forms”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 3-15.

¹⁴¹ G. Douglas Barrett és Michael Winter: „LiveScore: Real-Time Notation in the Music of Harris Wulfson”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 55-62.

¹⁴² Georg Hajdu, Kai Niggemann, Siska Ádám és Szigetvári Andrea: „Notation in the Context of Quintet.net Projects”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 39-53.

¹⁴³ Arne Eigenfeldt: „Generative Music for Live Performance: Experiences with Real-Time Notation”. *Organised Sound* 19 / Special Issue 03 (2014): 276-285. 281. o.

szemszögéből nézve akusztikus megszólalású, de elektronikus vezérléssel és áttérképezéssel ellátott hangszerként értelmezhető a rendszer egésze. Wulfson is arra törekedett, hogy a komponálás aktusát a hangszerjátékhoz közelítse, miközben az így megvalósuló interakció a (komponált) hangszeren való improvizálásra is lehetőséget teremthet. Saját *HUMACHiNe* című darabomban például kis kottarészletekből álló motívumkészlet elemeit jelenítettem meg a klarinétos előtt lévő monitoron, miközben klarinétfelvételekből készült elektronikus anyaggal is rögtönöztem. *Enigma Remix* című munkámban pedig egy színészt és két zenészt irányítottam hasonlóképpen, és itt már transzformálni is tudtam élőben a megjelenő kottarészleteket. Az alapanyagok összessége mindkét esetben ismert volt a zenészek előtt, csak a komponálás utolsó fázisai történtek élőben meghozott döntések alapján. A játékelményem – már csak a vezérlőfelületként alkalmazott MIDI-kontrollerek miatt is – alig különbözött a pusztán elektronikát használó improvizációtól. A legfőbb különbség az akusztikus megszólalás és a rendszerben lévő késés mellett a humán faktor révén jelentkező kisebb-nagyobb esetlegességekben mutatkozott, melyek a vezérlésre visszahatva még inkább élővé tették az előadást.

Az a körülmény, hogy mindig csak az éppen aktuális játszanivaló ismert, és az új információ pontos tartalma és adott esetben érkezésének időpontja is meglepetés, olyan felfokozott éberséget kíván meg az előadótól, amely jelentősen eltér a hagyományos koncertszituációra jellemző lelkiállapottól. Ez nem jelenti azt, hogy teljesen le kellene mondania a *flow*-élményről; a Soundpainting-szerű jelnyelvekhez hasonlóan az élő kottából való játék is széles skálán mozoghat a szolgai parancskövetés és a kontrollált improvizáció között. A zeneszerző-irányító ezzel a paraméterrel ugyanúgy játszhat az előadás közben, ahogy az aleatorikus elemekkel teheti a hagyományos komponálás során. A rendszernek az élő vezérlés adta hangszerszerűsége az ő számára azonban ténylegesen is biztosítja az improvizáció szabadságát. A darab pontos lefolyásával tehát tipikusan egyik résztvevő sincs előzetesen tisztában, és bár egyikük közvetlenül, a többiek pedig csak áttételesen tudják azt befolyásolni, az auditív visszacsatolások révén mégis kialakul egyfajta kamarazenei szituáció, hiszen emberek valós idejű együttműködéséből jön létre a zenei végeredmény.

I.5.2.4. Soundpainting

A Soundpainting egy multidiszciplináris élő kompozíciós jelnyelv, melyet Walter Thompson hozott létre 1974-ben. A nyelv azóta folyamatosan fejlődik és bővül, ma már több, mint 1200 jelet tartalmaz.

Az általában a csoport előtt álló hangfestő (a zeneszerző) kézi vagy testi gesztusok sorozatával közli az eljátszandó, konkrét és/vagy aleatorikus anyagokat. A hangfestő továbbfejleszti az előadóktól érkező válaszokat, alakítja, formálja velük a kompozíciót, majd újabb jelsorozatot, mondatot fogalmaz, és folytatja a darab komponálását.¹⁴⁴

A Soundpainting a hangfestő szemszögéből nézve egyesíti az akusztikus hangszerjáték, a számítógép-alapú hangszeren (intelligens, interaktív rendszeren) történő improvizáció és a live coding számos tulajdonságát úgy, hogy mindehhez egy háromdimenziós, gesztusalapú vezérlőfelületet biztosít. Íme a főbb jellegzetességei:

- Akusztikus hangkeltés. Mivel a hangkeltés valódi hangszerekkel történik, hangzás szempontjából nincs különbség egy Soundpainting-együttes és egy megírt zenét játszó ensemble vagy akár egy robotzenekar között.¹⁴⁵
- Intelligens rendszer óriási adatbázissal. A hangfestő rendelkezésére álló metahangszer (az együttes) a hangszereken kívül a megszólaltatásukhoz szükséges tudást is tartalmazza. A hangfestőnek ezért megvan az a könnyebbége, hogy nem kell tudnia az egyes hangszereken játszani, sőt, azok pontos lehetőségeivel sem kell feltétlenül tisztában lennie, megmaradhat tehát egy tisztán zenei absztrakciós szinten, miközben az utasítások konkrét hangszeres megoldásokra való alkalmazása az együttes tagjainak feladata.¹⁴⁶ Ez teszi hordozhatóvá, sőt, univerzálissá, más művészeti ágakra is applikálhatóvá a nyelvet. A résztvevők általában sokéves zenélési tapasztalata és az azzal járó interakciós készség pedig azt a potenciált

¹⁴⁴ <http://www.soundpainting.com/soundpainting/>

¹⁴⁵ Természetesen elektronikus hangszeren játszó zenészek – sőt, táncosok, színészek – is részt vehetnek, ezért pontosabb úgy fogalmazni, hogy a legtöbb Soundpainting-együttesben vannak akusztikus hangszerek.

¹⁴⁶ Kínálkozik a magasszintű programozási nyelv analógiája, ám a Soundpainting egyik lényege, hogy az együttes szerepe messze túlmutat a mechanikus átkódoláson.

bocsátja készen a hangfestő rendelkezésére, melynek gépi modellezése (machine musicianship) egy digitális rendszerben a hangszerépítő dolga.¹⁴⁷

- A humán faktorral és a beláthatatlan gazdagságú adatbázissal járó, kiszámíthatatlanság formájában megjelenő komplex működés a hangfestőtől állandó kétirányú kommunikációt, az események szoros követését és a visszacsatolás azonnali beépítését követeli meg. Ez a felfokozott interaktivitás, mely az érzékeny, a zenével együtt élő hangfestőt a folyamatos újratervezés állapotában tartja, az improvizáció jellegzetes tulajdonsága. Thompson a Soundpaintinget mégis élő zeneszerzésnek (live composition) nevezi, részben azért, mert a tényleges – irányított – rögtönzés lehetőségét a hangfestő jelenként eltérő mértékben a zenészekre delegálja, de amint arról korábban már szó volt, az interaktív rendszereken való játék egyébként is elmosni látszik az ezen kategóriák közötti határvonalat.
- A hangfestő attitűdje immerzív és exploratív: a hangszer pontos tulajdonságai, a rendszer képességei eleinte nem ismertek előtte. Ez persze új vagy a hangfestő számára ismeretlen együttes esetén érvényes leginkább, de az említett kiszámíthatatlanság miatt általánosságban is kijelenthető. Az előzetes feltérképezés így nem lehetséges, játék közben a térkép mindig újabb, eladdig feltáratlan részleteire derül fény – vagy úgy is fogalmazhatunk, hogy a térkép állandóan változik.
- Még érdekesebb kérdés, hogy az együttes tagjainak tevékenysége hol helyezkedik el a vak parancsteljesítés és az improvizáció közötti skálán. Talán az ihletett, szabad interpretációhoz áll legközelebb – vagy még inkább a kötetlenül értelmezett laprólolvasáshoz, hiszen a kotta élőben születik.
- Live coding és valós idejű vezérlés. Az alapértelmezett vezérlési mód utasítások megfogalmazása egy szigorú szintaxis által szabályozott nyelven (ki, mit, hogyan, mikor). Mikképp a live coding esetében, itt is elkülönül időben a parancs kiadása és végrehajtása. Lehetőség van azonban átkapcsolni valós idejű vezérlésre (Shapeline, Launch Mode stb.), ilyenkor válik a hangfestés a hangszerjátékhoz leginkább hasonlatossá.

¹⁴⁷ Lásd például az IRCAM OMax rendszerét: Gérard Assayag, Georges Bloch, Marc Chemillier, Arshia Cont és Shlomo Dubnov: „OMax Brothers: A Dynamic Topology of Agents for Improvisation Learning”. *ACM Multimedia Workshop on Audio and Music Computing for Multimedia*. (Santa Barbara: 2006). 125-132.

- Háromdimenziós gesztusvezérlés. A programozás és valós idejű vezérlés világos különválasztását egy virtuális doboz kijelölése is segíti. Amikor ezen kívül áll, a hangfestő előprogramoz, parancsot fogalmaz. Amikor a dobozba belép, akkor azonnali akciót indukál. Mindkét esetben térbeli gesztusokkal operál, de értelemszerűen csak a dobozban tett mozdulatai feleltethetők meg a háromdimenziós mozgásszenzorok tipikus vezérlési modelljének, mivel a live coding programozási fázisához továbbra is a hagyományos adatbeviteli interfészek bizonyulnak a leghatékonyabbnak.
- Önkonfiguráló vezérlőelemek. Egyes soundpainting-jelek (például a különböző Faderek) közvetlenül az elektronikus zenei, audiótechnikai kontextusból kerültek átvételre. Ezek egy része egydimenziós, egyetlen paramétert vezérel (Volume/Tempo/Note Fader)¹⁴⁸, mások komplexebbek, és nem az egyes játékosok, hanem a metahangszer szintjén mozognak. Ez utóbbi kategóriába tartozik például a Scanning vagy a Circle Mode, melyek szintén egydimenziósak, mégis komplex zenei struktúrák létrehozására alkalmasak, akár már önmagukban is.¹⁴⁹ A Circle Mode-ra különösképpen ráillik az egydimenziós komponált vezérlőelem definíciója, azzal a kiegészítéssel, hogy mind a zenei anyag, mind annak a vezérlőelem mentén való elrendeződése szempontjából önmagát konfigurálja. A hangfestőnek éles szituációban kell felfedeznie a vezérlőelem működését, és játékát a fokozatosan feltárt zenei információhoz adaptálnia.
- További, zenei informatikából ismerős elemek:
 - Előzetesen összeállított, kész adatbázist vihetünk be a rendszerbe (Palette), mely így a metahangszer részévé válik, és a zenélés első pillanatától fogva rendelkezésre áll.¹⁵⁰
 - Teljes, tetszőlegesen bonyolult hangképeket menthetünk el és tárolhatunk közvetlen hozzáférésű memóriahelyeken (Memory). Ezeket később akár egy komplex utasítás részeként, absztrakt vagy intelligens módon is visszahívhatjuk.

¹⁴⁸ Sőt, amennyiben a valós idejű komponálás úgy kívánja meg, szabadon konfigurálhatóak egydimenziós csúszkák a jelek segítségével. Ilyenkor a hangfestő egy-egy faderen kijelöl és meghatároz különböző anyagokat vagy tulajdonságokat, és az előadók hozzák létre az egymástól akár teljesen különböző paraméterek közötti átmeneti fázisokat (pl. Generic Fader, Crossfade, Morphing).

¹⁴⁹ Gryllus Samu: „A multidiszciplináris közösségi alkotás gyakorlata – a Soundpainting”. *Átjárások – áthallások konferencia*. (Budapest: 2014).

¹⁵⁰ Ezzel potenciálisan a komponált hangszer üzemmódjába helyezhetjük az együttest.

- A véletlen-generátor számos formában megjelenik; egyrészt a hangfestőnek sokszor lehetősége van egy adott parancshoz megadni a megvalósítás szabadságfokát is (amely az ő szemszögéből a véletlenszerűség ambitusának felel meg), másrészt bizonyos jelek már definíció szerint tartalmazznak erre vonatkozó információkat.

Összességében elmondható tehát, hogy feltűnően sok ponton fedezhetünk fel analógiát a Soundpainting és a háromdimenziós vezérlőfelülettel ellátott, számítógép-alapú áttérképezéssel, de akusztikus hanggenerátorral rendelkező metahangszer között. A legnagyobb különbség éppen az emberi tényező, mely a metahangszer esetében csupán a tervezés és a vezérlés terén, a Soundpaintingnél viszont a rendszer gyakorlatilag összes elemében jelen van, vagy jelen lehet – és akkor a közösségi élményt még nem is említettük.

II. A *HUMachiNe.org* című darabhoz készült metahangszer

2013 vége felé érkezett a felkérés, hogy vegyek részt egy olyan projektben, melynek keretében a budapesti Művészetek Palotája MIDI-vezérelhető orgonájára készülhetnek új, a hangszer speciális lehetőségeit kihasználó művek. A számítógép-alapú hangszerek saját célra való fejlesztése és éles helyzetben, kompozíciós és improvizációs kontextusban való alkalmazása az utóbbi években érdeklődésem középpontjában állt, így nagy örömmel csatlakoztam a projekt köré szerveződő alkotócsoporthoz. Eddigi kísérleteim során azonban ritkán léptem ki a számítógépes zenélés alapértelmezett hangkeltő eszköze, a hangszóró mögül, és – bár a vezérlés és a mapping, a játszhatóság és hangszerszerűség kérdései mindig jobban foglalkoztattak a rendszer utolsó elemét képező hanggenerálásnál –, megmaradtam a szintézis-, hangminta- és élő sampling alapú megszólalásnál. Kapóra jött tehát a projektben rejlő izgalmas lehetőség, hogy ehhez az akusztikus megszólalású, önmagában koherens és egyúttal elképesztően gazdag és sokszínű hangszerhez lehet kiterjesztett, újragondolt és személyre szabott vezérlést tervezni. Ezáltal az orgonából, tetszőleges elektronikus vezérlőelemekből és saját fejlesztésű szoftverből álló komplex és személyes metahangszert hozhatok létre saját, az orgona által inspirált zenei ötleteim megvalósítására.

A projekt elsődleges célja és eredményeinek bemutatási kerete egy koncert volt, mely 2014. október 17-én valósult meg a CAFé Budapest kortárs művészeti fesztivál keretében.

II.1. Az orgona helye az akusztikus hangszerek között

Amint arról már korábban szó volt, az akusztikus hangszerek esetében a kezelőfelület és a hangelőállítás szorosan összefüggő és együttműködő, szétválaszthatatlan egységet képez: a játékosnak általában közvetlen hozzáférése van a hangszer azon részéhez, ahol a rezgés létrejön. A legtöbb billentyűs hangszernél ez a kapcsolat egy fokkal áttételesebb, a zongora húrjait például csak a billentyűkből és a kalapácsmechanikából álló komplex rendszeren keresztül tudjuk elérni, így a

megszólaló hang minőségére való ráhatásunk is korlátozottabb. Itt is érvényes azonban, hogy a játékos által kifejtett energia az, amely a hangkeltés helyére eljutva beindítja a rezgést.

Az orgonára kezdettől fogva nagyfokú áttételesség volt jellemző, a 20. századra kialakult elektromos vezérlésű játszóasztallal pedig teljesen megszűnt a játékos és a sípok közötti fizikai kapcsolat.¹ Az orgona számunkra releváns jellegzetességeit a következőképpen foglalhatjuk össze:

- A kezelőfelület fizikailag el van választva az általa vezérelt hanggenerátortól.
- A kettő kapcsolódási módját a hangszerépítő döntései határozzák meg. Az orgona korától, típusától és méretétől függően a billentyűk, pedálok és regiszterkapcsolók változó arányban lehetnek mechanikus, pneumatikus vagy elektromos kapcsolatban a levegőnek a sípokhoz vezető útját nyitó-záró szelepekkel és egyéb mozgó elemekkel. A megszólalás minőségét ugyanakkor még mechanikus kapcsolat esetén is a többi billentyűs hangszernél kevésbé, és azoktól lényegesen eltérő módon tudjuk a billentyű lenyomásakor befolyásolni.
- A játékos különálló vezérlőelemekkel (a regiszterkapcsolókkal) szabályozza a hangszint. A többi hangszernél a hang tulajdonságai, köztük a hangszínparaméterek nem függetlenek egymástól, hanem a játékos mozdulatai, gesztusai nyomán együttesen változtathatóak és kölcsönösen befolyásolják egymást.
- A hangot létrehozó energiát nem a játékos, hanem egy másik ember vagy egy elektromos motor szolgáltatja. A hang hosszú ideig fennmaradhat anélkül, hogy a játékos fizikai erőt vinne be a rendszerbe.

Hunt és Wanderley rámutat,² hogy e négy dolog tekintetében (vezérlés és hangkeltés különválása; a kapcsolatok konfigurálhatósága; független hangszínvezérlés; külső energiaforrás) az orgona és az új elektronikus hangszerek között gyakorlatilag nincs különbség. Az a tény pedig, hogy az orgona egy évszázadok alatt jól bevált és világszerte elterjedt instrumentum, e lényegi hasonlóságok miatt már önmagában igazolást nyújthat a digitális hangszerek és a hibrid rendszerek létjogosultságára.

¹ Érdekes adalék, hogy a Zeneakadémia 1907-es Voit orgonája volt a világ első elektromos vezérlésű koncerttermi hangszere.

² Andy Hunt és Marcelo M. Wanderley: „Mapping Performer Parameters to Synthesis Engines”. *Organised Sound* 7/02 (2002): 97-108. 97. o.

II.2. Előzmények, kontextus

II.2.1. Az orgonairodalomban

*Az orgona egyrészt mindeddig felderítetlen hangszinlehetőségeinek hihetetlen gazdagsága, másrészt (és elsősorban) hiányosságai – tehetetlensége, merevsége, szögletessége révén keltette fel az érdeklődésemet. Ez a hangszer olyan, mint egy óriási protézis. Izgatott, hogy rájöjjenek: hogyan lehet ezzel a protézissel újból megtanulni járni.*³

(Ligeti György)

Hans Otte, a Brémai Rádió zenei főosztályának vezetője 1961-ben felkért három, korábban organistaként is tevékenykedő zeneszerzőt az orgona lehetőségeinek művészi újragondolására. E felkérések nyomán született Bengt Hambraeus *Interferenser*, Mauricio Kagel *Improvisation Ajoutée* és Ligeti György *Volumina* című kompozíciója; mindhárom mű első előadója Karl-Erik Welin stockholmi illetőségű orgonaművész volt.⁴

Ligeti 1968-as előadásában⁵ két fontos új zenei formatípust különít el: a hangzáshalmazokkal operáló folytonos-statikusság zenét, ahol a hangtömegek eloszlási mintái, belső strukturáltsága, sűrűségváltozásai a formaképző elemek, valamint az izolált eseményekből, zenei objektumokból építkező típust. Ligeti mindhárom, az 1960-as években orgonára írt kompozíciója – hasonlóan sok más darabjához – az első kategóriába tartozik.⁶ Az 1962-ben bemutatott *Volumina* már címében is

³ Ligeti György: „Volumina”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 384-386. 384. o.

⁴ Gerhard Walcker-Mayer: *Ligeti und die Moderne Orgel* (2006). http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF_public/Ligeti-Organ.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

⁵ Ligeti György: „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 223-235.

⁶ Ligeti kifejti, hogy a hangmagasság- és ritmikai viszonyok a zenetörténet folyamán tapasztalható állandó differenciálódás eredményeképpen végül közömbössé váltak, és helyettük olyan paraméterek kerültek előtérbe, mint a dinamika, a hangszín és a hangvolumen. Ezzel egyidejűleg a zaj és zenei hang közötti distinkció is elmosódott. Ligeti a „finom zajok” („soft noises”) kifejezést használja arra a köztes hangzástípusra, melyet elsőként *Apparitions* című zenekari darabjában használt, és amely Lachenmann későbbi *musique concrète instrumentale*-ját juttathatja eszünkbe. Az egyenletesen temperált hangrendszert mint a tonalitás kellékét voltaképpen idejétmúltnak nevezi, továbblépési lehetőségként egyrészt – a spektrális irányzatot megelőlegezve – a tiszta hangolás újrafelfedezését, másrészt a képlekeny, fix hangmagasságok nélküli, szabad fluktuációt jelöli meg.

elsődleges zenei anyagára, a hangtömegre, a különböző eljárásokkal modulált clusterre utal. A különleges anyag képlékeny, az orgona inherens szögletességével szembenő formálásához új játéktechnikák szükségesek, melyek egyik fő inspirációs forrásaként a szerző Hambraeus 1958-ban keletkezett, *Konstellationer I* című darabját nevezi meg.

Ligeti az alábbi, cluster-alapú módszereket alkalmazta a hangszer kontrasztos karakterének árnyalására:

- Intenzitás-szabályozás: A redőnyök korlátozott lehetőségeit leszámítva az orgona nem képes fokozatos hangerőváltoztatásra. A clusterok vastagságának, a lenyomott billentyűk számának gyors módosításával azonban létrehozható a folyamatos, hirtelen ugrásoktól mentes crescendo és diminuendo illúziója. Ahogy Ligeti fogalmaz: „a csaknem mikroszkopikus időbeli diszkontinuitás a fülünk számára kontinuummá olvad össze”.⁷
- Hangszínkeverés és -variálás: A clustereknek az eltérően regisztrált manuálok közötti átfolytatásával fokozatos hangszínátmenet érzetét kelthetjük.

A két paraméter kombinálása, dinamika és hangszín egyidejű változtatása további lehetőségeket jelent. Fontos szerep jut az asszisztensnek; a regiszterkapcsolók kezelése is virtuozitást igényel, gyakorlatilag egyenrangúvá válik a billentyűkön való játékkal.

Az új eszközök új típusú notációt igényeltek. A Volumina kottája grafikus és szöveges elemeket tartalmaz, de Ligeti fontosnak tartja leszögezni, hogy ez a lejegyzés „pusztán interpretációs, nem pedig társszerzői szabadságot”⁸ biztosít az előadónak. (Lásd a Függelékben található kottarészletet.)

Azt, hogy a választott eszközök nem öncélúak, legmarkánsabban a zenei végeredmény újszerűsége és hatásossága bizonyítja. A szerző saját szavaival:

Egy csaknem üres forma jön létre, arcnélküli alakok merülnek fel, mint Chirico képein, hatalmas távolságok és messzeségek: egy olyan architektúra, mely kizárólag szerkezeti vázból áll, ám maga a kézzelfogható épület hiányzik. Az orgona

⁷ Ligeti György: „Volumina”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 384-386. 384. o.

⁸ I. m., 385. o.

hagyományából csupán a szigor és a fennköltség marad meg, minden egyéb eltűnik a tág, üres terekben, a zenei forma Volumeneiben.⁹

A szigor és a fennköltség is eltűnik azonban az 1967-ben keletkezett első orgonaetűd, a *Harmonies* elmosódott, lebegő hangképéből. A Gerd Zacher hamburgi organista által a hangszer fizikai módosításával kikísérletezett csökkentett szélnyomás¹⁰ miatt „mikrotonális elhangolások jönnek létre, és egy valószerűtlenül sápadt hangszínvilág keletkezik”.¹¹ Az organista egy lassan változó tiszszólamú akkordot tart lenyomva, de a pontos hangmagasságok nem lényegesek, hiszen úgysem azokat halljuk – éppen ezért a partitúra sem árul el sokat a darab hangzásáról. Ligeti célja az orgona kiszabadítása a tizenkéthangú rendszer fogságából, és ennek megvalósítását nagyrészt a regisztrátorra bízta, aki ezzel gyakorlatilag a darab első számú interpretátorává lép elő. A szerző csak általános tanácsokkal látja el, melyek főbb elemei a következők:

- A regiszterek váltásánál a lehető legnagyobb folyamatosságra kell törekedni, minden hirtelen változást kerülni kell. Mechanikus hangszeren érdemes a kapcsolók köztes állapotaival játszani.
- A kevés levegő miatt eleve szokatlan, elidegenített hangszínek szólnak, ezt nagy levegőigényű regiszterek használatával fokozni lehet.
- A dinamika és az intonáció az említett okból kifolyólag fluktuálni fog; a hang illetően tisztátalanságai jelen esetben üdvözlendőek. A kotta valóban csak a lenyomandó billentyűket jelzi, a megszólaló hangmagasságok azoktól többé-kevésbé eltérnek.
- Szintén az elégtelen szélnyomás miatt megfordul a sípmennyiség és a dinamika közötti viszony; míg ezek általában egyenesen arányosak, itt több síp bekapcsolása csökkenti a hangerőt. Ezzel a regisztrátor előtt nagy dinamikai mozgástér nyílik meg.

Az organista dönthet úgy, hogy az akkordokat a leírtnál mélyebb oktávban játssza, ilyenkor alacsonyabb lábszámú regisztereket kell használni, aminek előnye,

⁹ I. m., 386.

¹⁰ Ligeti valójában az előadó leleményességére bízta, hogy hogyan éri el az alacsony szélnyomást. A partitúra instrukcióiban felsorolt megoldások: porszívómotor használata, a szél útjának részleges blokkolása, szökési utak megnyitása a levegő előtt, illetve a motor forgási sebességének csökkentése.

¹¹ Ligeti György: „Két etűd orgonára”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 403-404. 403. o.

hogy még hatásosabb lesz az elszíneződési effektus. Az eredmény egy kísértetiesen fluktuáló, glissandókkal és mikrotonális hangmagasságokkal teli massa:

Ha meghallgatják a darabot, olyannak fog tűnni, mint egy statikus hangzástömb. Ne várják, hogy bármi is történni fog – ez olyasfajta zene, amelyben (akárcsak legelőször az *Atmosphères* című zenekari darabomban) semmi nem történik. Ha azonban nem a forma egészét figyelik, hanem azt hallgatják, hogy mi történik azon belül, akkor észre fognak venni parányi változásokat, amelyek egyrészt a hangmagasságok változásából, másrészt pedig a különböző regiszterek kihúzásakor létrejövő szélnyomásváltozásból fakadnak. Ne a külsődlegest hallgassák; hallgassák azt, ami belül van – az alkotja a zenei formát.¹²

Ligeti kísérletei az orgonairodalom kontextusában rendkívül újszerűen hatottak, pedig nem történt más, mint hogy a kortárs szerzőknek a hangszerekhez való experimentális hozzáállását és igényeit terjesztette ki egy olyan hangszerre, amely korábban azoktól többnyire érintetlen volt. Eredményei az orgonára komponáló mai zeneszerzők számára általában is, jelen metahangszeres projektem szempontjából pedig különösképpen relevánsak.

II.2.2. Kísérleti orgonák és orgonakísérletek

Ligeti az említett 1968-as előadásában izgalmas, korát sok tekintetben megelőző gondolatokat fogalmazott meg az orgonával és az orgonaépítés jövőjével kapcsolatban, saját kompozíciós elképzeléseiből fakadó javaslatokkal élve a hangszer továbbfejlesztésére nézve. Az orgona lecsupaszított definíciójából indul ki, amely a következő: olyan hangszer, melynek hangjait sípok hozzák létre; minden más elvileg átalakítható, így például a vezérlés mechanizmusa is, akár a legújabb technológiai vívmányok bevonásával. Mivel már nincs egységes zenei stílus, a hangszereknek is adaptálhatónak kellene lenniük, mondja Ligeti, és egy bármikor kiegészíthető, továbbépíthető, kvázi moduláris orgona ötletét vázolja fel, melynek főbb alappillérei az alábbiak:

1. A hangszínlehetőségek kitágítása: a legmélyebb sípokhoz is legyenek felhang- (aliquot-) regiszterek, hogy az alsó régiókban is több mikrotonális

¹² Ligeti György: „»Harmonies« (Két etűd orgonára, no. 1)”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 404-405. 405. o.

vagy inharmonikus kombinációt lehessen összeállítani. Utópisztikus célként olyan gazdagságú palettát jelöl meg, amelyből haranghangok és más, egyébként csak elektronikusan szintetizálható hangspektrumok is felépíthetők lennének.

2. Beszédszintetizálásra alkalmas orgona: Ligeti egyik legmerészebb ötlete Kempelen Farkas 1791-es beszélőgépéhez hasonlóan az emberi hangképző szervek működésének modellezésével, magánhangzós és mássalhangzós regiszterekből és zajgenerátorokból épülne fel.
3. Építőszekrény-elvű modularitás: egy ilyen hangszeren szabadon lehetne konfigurálni, hogy melyik billentyű melyik síphoz vagy sípcsoporthoz van hozzárendelve. Egy generalizált kapcsolási rendszerrel akár egyazon manuál szomszédos billentyűihez is teljesen különböző regisztersípkat kapcsolhatnánk, vagy akkordokat, clustereket programozhatnánk egy-egy billentyűre.
4. A sípok játék közbeni hangolhatósága, természetesen a játszóasztalról vezérelve.
5. A sípok reagálásának kontrollálása szabályozható szélnyomás révén: így több regiszter egyidejű használata esetén meg lehetne komponálni a berezgés folyamatát, például a billentyű fokozatos lenyomásakor fokozatosan épülne fel a hang a különböző sípok által megszólaltatott felhangokból.
6. A regiszterjáték egyenrangúsítása: Ligeti ennél a pontnál fogalmazza meg talán leginkább előremutató, jelen dolgozat szempontjából különösen releváns ötleteit. Elsőként – a regisztrálás és a regisztrátorok emancipációjának jegyében – a regiszterbillentyűzet korábban már kipróbált ötletéhez való visszatérést sürgeti, azzal a lényeges továbbfejlesztéssel, hogy a totális kapcsolat szellemében ez a klaviatúra is szabadon konfigurálható, sőt, funkcióiban akár a játszóbillentyűzettel felcserélhető lenne. Ezután rátér a regisztrációs beállítások mágnesszalagon történő eltárolhatóságára és gyors visszatölthetőségére, mely lehetőség elektronikus formában ma már a modern orgonákon az alapfelszereltség része. A kezek és a lábak tehermentesítése végett alternatív, mikrofonos vagy a csípő és a könyök összeérintését érzékelő programléptetési mechanizmust javasol. Végül a programváltásnak a totális kapcsolat víziójába való beemeléssel teszi teljessé a képet: tetszőleges billentyűk lenyomásához rendelhetnénk programváltási

parancsokat. A fent említett beszédszintetizálást is megkönnyítené, ha egy-egy billentyű magán a hangindításon kívül komplex preseteket is elő tudna hívni. Mindez „a rendelkezésre álló hangzások korlátlan szimultán és szukcesszív kombinálhatóságát eredményezné”.¹³ Improvizáció céljára pedig, ahol az előre rögzített beállítások sorozata helyett inkább spontán kapcsolásokra volna szükség, egy mai szemmel is innovatív – bár Ligeti szerint „nem túl bonyolult” –, hangvezérléses megoldást vázol fel. A játékos által a mikrofonba mondott hangzók felismerése lehetővé tenné például, hogy valamely mássalhangzó kimondása legyen a parancs a beszédutánzó képességekkel felruházott orgona felé a hangzó akusztikus-szintetikus előállítására.

7. Az elektronikus amplitúdómoduláció mintájára a tremolók továbbfejlesztése úgy, hogy több, különböző sebességű tremoló kombinálásával komplex moduláció jöhessen létre.
8. A szélnyomás szabad változtathatósága, ideális esetben úgy, hogy minden síp szélnyomása a nullától az adott síp teljes értékű megszólalásához szükséges mértékig legyen szabályozható.
9. A hangerőszabályozás kiterjesztése az összes sípra a redőnyszerkezet teljes újragondolásával. A cél az összes orgonaműre és regiszterre kiterjedő, a lehető legszélesebb ambituson mozgó hangerőszabályozási rendszer. További, a hangerő mellett a hangszínre is kiható funkció lenne a sípok külön-külön való, a játszóasztalról vezérelhető tompításának lehetősége, melyen keresztül szelektíven tudnánk felhangokat kiemelni vagy elnyomni a sípok alapspektrumában.

Ligeti megjegyzi, hogy már a korabeli „gyengeáramú” (elektronikus) technológiák is szinte korlátlan lehetőséget biztosítanak az orgonaépítés forradalmasítására, ehhez csupán elhatározásra és bátorságra volna szükség. Ehhez képest Gerhard Walcker-Mayer, a Walcker orgonaépítő dinasztia tagja, a Ligetivel is kapcsolatban álló Werner Walcker-Mayer¹⁴ fia 2004-ben rezignáltan állapítja meg, hogy az elmúlt több, mint harminc évben ezen a téren bizony nem sok minden

¹³ Ligeti György: „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 223-235. 234. o.

¹⁴ Levelezésük egy része itt elérhető: <http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF/Ligeti1.pdf>

történt.¹⁵ Mielőtt azonban saját ajánlásait megfogalmazná, pamfletszerű hangvételen támadja a kor elüzletiesedett, spiritualitást nélkülöző orgonaépítését, de ugyanígy ellenszenvét fejezi ki a túlzott technicizálódással, többek között konkrétan az orgona számítógépes vezérlésével szemben is:

A számítógéppel való technikai játszadozást ebből az „Orgel danach”-ból messzemenően kiiktattam, mivel az orgonának a számítógépen keresztül való gépiesítését és vezérlését én személy szerint károsnak találom.¹⁶

Az „Orgel danach”, vagyis a modernitás utáni orgona leírásakor mindezek ellenére számos gondolatot átvesz Ligeti három és fél évtizeddel korábbi elképzeléseiből, konkrét technikai megvalósítási javaslatokat társítva hozzájuk. Ilyenek például a dinamikus hangolhatóság, a változtatható billentés, a beszélő orgona tervének – számítógépvezérlésen alapuló, következésképp nem túl nagy meggyőződéssel prezentált – továbbgondolása, valamint a dinamikus kúpláda. Ez utóbbi, a változtatható szélnyomással és a dinamikus billentyűzettel kombinálva, a berezgési folyamat manipulációja révén tetszőlegesen stabil vagy instabil orgonahangzást és jól kontrollálható mikrotonális játéklehetőséget teremtené meg. A dinamikus orgona tervének fontos részeként említi a szabályozható szélnyomást, amely a hagyományos orgonálás kontextusában is hasznosnak bizonyulhat (például a hangzás teli vagy üres templomtérhez való adaptációja céljára). A redőnyszerkezet kapcsán Walcker-Mayer szót ejt még saját korábbi találmányáról, mely a hangerő egyenletesebb növelését teszi lehetővé. Végezetül felhívással fordul a zeneszerzőkhöz, hogy segítsenek az orgona továbbfejlesztésében, amely meggyőződése szerint csak így maradhat élő hangszer.

Bármilyen gyakorlatias és jószándékú Walcker-Mayer írása és a benne foglalt ajánlások, nehéz nem észrevenni, hogy Ligeti 1968-as nagyvonalú víziójához képest sokat vesztett lendületéből a kísérleti orgonaépítési kedv. Már abból a kisméretű kísérleti orgonából sem lett semmi, melyet még az ominózus 1968-as orgonakutatói találkozó előtt kezdtek el tervezni, szintén Ligeti – az előadásában megfogalmazottakhoz képest sokkal visszafogottabb – kívánságai alapján.

¹⁵ Gerhard Walcker-Mayer: Die Orgel danach. (2004). http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF_public/DIEORGEL_DANACH.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

¹⁶ I. m., 3. o.

Mindössze egy előzetes verzió készült el,¹⁷ mely billentyűként három, különbözőképpen hangolt sípot tartalmazott, és azzal az egyébként figyelemre méltó képességgel rendelkezett, hogy a lenyomni készült hangköz típusának függvényében választotta ki a legtisztább együtthangzású sípokot.

Néhány további, megvalósult példa a hagyományostól eltérően épített orgonára:

- A moziorgonák a 20. század első évtizedeiben a némafilmek kíséretére¹⁸ kifejlesztett hangszerek voltak, melyek felépítése számos ponton jelentős mértékben különbözött a templomi és koncerttermi hangszerektől, az új funkció praktikus követelményeinek megfelelően:¹⁹
 - Erősebb szélnyomás az erőteljesebb hangzás érdekében.
 - Praktikusan kialakított játszóasztal, amely minden funkcióhoz könnyű hozzáférést biztosít.
 - Az elektromos-pneumatikus vezérlés, melyet azután a hagyományos orgonák építői is átvettek, Robert Hope-Jones, a moziorgonák atyjának találmánya. Ez tette lehetővé, hogy a játszóasztal mozgatható, áthelyezhető legyen.
 - Egységes mechanika és bővíthetőség, amely kevesebb síppal többféle hangszínhez biztosít hozzáférést. Az egyes sípsorok bármely manuálhoz hozzárendelhetők.
 - Új regiszterek, melyek többsége a szimfonikus zenekar hangszereinek hangszínét utánozta.
 - Ütőhangszeres, zongora-, sőt, hangeffekteket megszólaltató regiszterek. Ezeket a hangszereket ugyanúgy a sípszekrényekben helyezték el és pneumatikus elven vezérelték, mint az orgonasípokot. Ezzel a moziorgona a sampler egyik elődjének tekinthető.
 - A tremolo kiterjesztése és intenzitásának fokozása (ezt másolta le később a Hammond-orgona).
 - Szélesebb skálán mozgó hangerő-szabályozási lehetőség.

¹⁷ Die Reingestimmte Orgel von Groven. Lásd: Gerhard Walcker-Mayer: Die Orgel danach. (2004). http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF_public/DIEORGEL_DANACH.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

¹⁸ Orgonával kísért némafilm-vetítés manapság is előfordul, 2007-ben Budapesten is hallhattuk például Wolfgang Mitterer játékát Murnau Nosferatu című filmje alatt. Minthogy Mitterer sok elektronikát, azon belül pedig hangeffekteket is használt, elkerülhetetlen volt a moziorgona-asszociáció.

¹⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Theatre_organ

- A Fokker-orgona²⁰ Adriaan Fokker által 1943-ban épített hangszer, mely oktávonkénti 31-hangos hangolással készült, és ennek megfelelően speciálisan kialakított manuálokkal és pedálsorral rendelkezik. Az orgonára számos mikrotonális kompozíció készült, és később MIDI-vezérlési lehetőséggel is ellátták.²¹
- A különböző robotzenekarokban gyakran kapnak helyet kisebb-nagyobb orgonaszerű hangszerek. Ezek közül mindenképp érdemes kiemelni a Man and Machine Robot Orchestra MIDI-n keresztül változtatható szélnyomású orgonáit, melyek egy része negyedhangos hangolással rendelkezik.
- A kölni Szent Péter templom Peter Bares elképzelései alapján átépített orgonája több, mint 100 regisztert tartalmaz, melyek közül kiemelkedik a moziorgonák inspirálta ütőhangszeres mű hárfával és állítható tempójú tremolóval, valamint a speciális effektusok (például sziréna, kakashang). A templomtorony hét harangja is elérhető a játszóasztalról, és a szélnyomás is szabadon változtatható.²²
- A Berni Művészeti Főiskolán Daniel Glaus, a székesegyház (Münster) organistájának vezetésével a 2000-es évek elejétől kezdve több kísérleti orgonát építettek,²³ melyek közül három a Münsterben található. Ezek a hangszerek egymást követő kutatási projektek keretében készültek, és fő kísérleti elemük éppen a szabályozható szélnyomás és annak a billentyűzetről való vezérlése.²⁴

Amint ebből az áttekintésből is kitűnik, a moziorgonák, Ligeti ajánlásai és az azóta eltelt 45 év megvalósult projektjei számos bővítési, továbbfejlesztési irányt kijelöltek a kísérleti orgonaépítés számára. Bár jelen projekt egy meglévő orgona köré szerveződött, a távvezérlés révén mégis egy kiterjesztett, módosított hangszerrel dolgoztam, vagy ha úgy tetszik, a saját experimentális (meta)orgonámat volt alkalmam megépíteni. A továbbiakban ennek a munkának a menetéről számolok be.

²⁰ <http://www.huygens-fokker.org/instruments/fokkerorgan.html>

²¹ <http://forumnet.ircam.fr/tribune/microtonal-organ-with-openmusic/>

²² http://www.sankt-peter-koeln.de/wp/?page_id=139

²³ Michael Eidenbenz, Daniel Glaus és Peter Kraut: *Frischer Wind: Die Forschungsorgeln der Hochschule der Künste Bern*. (Saarbrücken: Pfau, 2006).

²⁴ Eberlein, Roland: *Eine neue Entwicklung im Orgelbau: die „winddynamische Orgel“ von Daniel Glaus* (2012). http://www.walcker-stiftung.de/Downloads/Blog/Dynamische_Orgel_Glaus.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

II.3. Célkitűzés

A koncertet megelőző hónapokban lehetőségem nyílt a hangszer rendszeres tanulmányozására és helyszíni kísérletezésre. Az első ilyen alkalmak során az alábbi célkitűzések fogalmazódtak meg bennem a megvalósítandó darabbal kapcsolatban:

- Az eredetitől eltérő kezelőfelületen keresztül szeretnék játszani az orgonán. Ez magától értetődik, hiszen egyrészt nem vagyok orgonista, másrészt éppen az új játékmódok érdekelnek: hagyományos orgonajátéokra nem is emlékeztető, saját gesztusokat szeretnék definiálni, és azokkal irányítani a hangszert.
- Új, orgonától nem megszokott hangzásokat szeretnék elérni. Az alternatív kezelőfelület iránti igény öncélú volna, ha nem célozná meg egyúttal új hangzások létrehozását. Mint elektronikus zenészt és mint kortárs zeneszerzőt, természetesen vonzanak a hangszerekben rejlő új hangok és kiterjesztett játéktechnikák. Az orgona esetében ugyanakkor nem egyértelmű, hogy ilyesmire egyáltalán lehetőség van-e, hiszen a hangelőállító mechanizmust közvetlenül nem tudjuk manipulálni.
- További célkitűzés volt – az előző két ponttól nem függetlenül –, hogy az orgona karakteréről, az orgonajátékról és az orgona hangzásbeli spektrumáról alkotott képnek szándékosan ellene dolgozva új megvilágításban mutassam meg a hangszert a közönségnek.

A célok megfogalmazása után nyilvánvalóvá vált, hogy első lépésként meg kell próbálnom minél részletesebben megismerni, feltérképezni a hangszert és az általa hagyományos megszólaltatás, illetve MIDI-vezérlés esetén nyújtott lehetőségeket.

II.4. Az orgona feltérképezése

A Bartók Béla Nemzeti Hangversenyterem orgonája 2004 és 2006 között épült.²⁵ Öt manuállal és összesen 92 regiszterrel rendelkezik. (Diszpozícióját lásd a Függelékben.)

²⁵ Az orgonát a Werkstätte für Orgelbau Mühleisen GmbH és a Pécsi Orgonaépítő Manufaktúra Kft. építette, a művészeti szakértő Baróti István és Fassang László volt.

A feltérképezés első fázisa a hangszínkészlet, azaz a regiszterek és regiszterkombinációk (eleinte manuális) felfedezését jelentette. Ebből a szempontból az alábbi lehetőségeket találtam különösen érdekesnek:

- A különböző alaphangok eltérő sorszámú, megközelítőleg azonos hangmagasságú, tiszta részhangjainak súrlódást okozó együtthangzása mikrotonális játékok kiindulópontja lehet.²⁶
- Bizonyos regisztercsoportokon belül kis lépésközű hangszínskálákat lehet felállítani, melyek mentén szinte folyamatos átmenetek illúzióját kelthetjük.
- Egyes, penetránsabb hangzású nyelvsíp-regiszterek (Chamade, Bombarde) különösen alkalmasak speciális effektusok előállítására.
- Célrányos regisztrációval és hangmagasság-választással könnyedén lehet elektronikusan szintetizált hangzást imitálni. Jó példák erre az orgona legmagasabb és legmélyebb sípjai, melyek esetében alig érzékelhető a hangmagasság.

Szintén empirikus úton jutottam el olyan alapvető felismerésekhez, amelyek triviálisnak tűnnek ugyan, a későbbiekben mégis fontosnak bizonyultak:

- Késés: A különböző méretű, anyagú és működési elvű sípok megszólalása a billentyű lenyomásához vagy a regiszter bekapcsolásához képest nem azonnali; különböző hosszúságú késéssel (latency) kell számolni. Ezt a jelenséget az organisták megtanulják kezelni és beépítik játékukba, ám MIDI-vezérlés esetén akár kifejezett előnyt is kovácsolhatunk a hátrányból, például ha megpróbáljuk izolálni a hang kezdeti, instabil felépülési fázisát.
- Térbeli pozíciók: Az orgonaszekrény egyes manuálokhoz illetve a pedálokhoz tartozó részei (művek) elhelyezkedése térben a fül számára is jól elkülöníthető.
- A tér a hangszer része: Ugyancsak magától értetődik, de a komponálás során számolni kell vele, hogy mivel a többi hangszertől eltérően a fixen beépített orgonák teljesen immobilisak, az adott teret tulajdonképpen a hangszer állandó részének, rezonátorának (elektronikus zenei terminológiával: beépített reverberátorának) tekinthetjük.²⁷

²⁶ Ide sorolhatjuk az eleve elhangolt regisztereket is (Voix céleste, Unda maris).

²⁷ E rezonátortér hangolására a Bartók Béla Nemzeti Hangversenyteremben a színpad feletti, távirányítású hangvető emyők és kétoldali zengőkamrák állnak rendelkezésre.

A beépített MIDI-vezérlési lehetőség kihasználásával megszűnnek az orgonista fizikai adottságai által támasztott korlátok: a billentyűket és regiszterkapcsolókat innentől kezdve mód nyílik szabadon definiálható mozdulatokkal (a számítógép beépített vagy csatlakoztatott vezérlőeszközein keresztül) vagy tetszőlegesen programozható generatív algoritmusokkal irányítani. Utóbbi esetben elsősorban tempó, hanghossz (pontosabban rövidség), volumen (hangmennyiség) és precizitás tekintetében lehet leglátványosabban túllépni az emberi határokat. Így is – sőt, így még sokkal könnyebben – beleütközhetünk azonban a hangszer fizikai korlátaiba, ami velem a munka során több ízben meg is történt. A határok feszegetése vezetett el ugyanakkor a legizgalmasabb új hangzásokhoz:

- Nagyon rövid hangok: Az orgonahangok legváltozatosabb és egyben leginkább instabil része a megszólalás pillanata, pontosabban szólva annak folyamata. Ha a billentyű lenyomásának vagy a regiszter bekapcsolt állapotának rövidsége miatt egy síp majdnem, vagy éppen csak egy rövid, milliszekundumokban mérhető időre szólal meg, a megszokott stabil hang helyett különböző karakterű speciális effektusokat kapunk. Ezeket aztán önmagukban vagy textúrák építésére is felhasználhatjuk.
- Sűrű textúrák: Nagyon mozgékony, szövevényes hangtömegeket hozhatunk létre, melyek változatossága dinamikus regisztrációval kombinálva vagy egyszerre több manuál használatával tovább fokozható.
- Elégtelen szélnyomás: Kellően sok billentyű lenyomásával és/vagy regiszter bekapcsolásával olyan állapotot idézhetünk elő, amikor a szélellátást biztosító motor nem képes az összes bekapcsolt síp teljes értékű megszólaltatására, ami glissandókhoz és drámai hangszínváltozásokhoz vezet. Az effektus hasonlít ahhoz, amely a motor kikapcsolásakor jelentkezik, ám ilyenkor – az aktív sípok számának variálásával – finom, jól kontrollálható, folyamatos hangszínmozgásokat érhetünk el. Vigyázni kell azonban a motor túlterhelésével.²⁸
- Többrétegű építkezés: Az orgona inherens modularitásának kihasználásával akár hat, egymástól teljesen elkülönülő réteget tudunk egyidejűleg futtatni oly módon, hogy minden manuálhoz és a pedálokhoz különböző anyagot

²⁸ Egy alkalommal, amikor hosszabb ideig kísérleteztem ezzel az effektussal, a pedálműhöz tartozó motor egyszer csak lekapcsolt. Mint kiderült, a motorba beépített, túlmelegedést megelőző védelem aktiválódott. Ligetinek nem volt ilyen szerencséje, amikor *Volumina* című darabjának egy próbáján hasonló okokból leégett az orgona motorja.

rendelünk. (Természetesen lehet ennél több réteg is, de az egyidejű hangszínek számának határt szab, hogy egy manuál regisztrációja egy adott pillanatban a manuál összes billentyűjére érvényes.)

- Billentyűzajok: Ha nincs bekapcsolt regiszter, a billentyűk (pontosabban az elektromágneses vezérlésű szelepek) zaja akkor is hallható az adott manuálhoz tartozó orgonamű irányából. Jelentősen fokozható az effektus intenzitása, ha minél több regiszter aktiválásával fokozatosan megnyitjuk a rezonáns üreget a sípok felé – ez viszont természetesen csak kikapcsolt motor mellett eredményez tiszta billentyűzajt, hiszen ellenkező esetben a sípok is megszólalnak.

Nem véletlen, hogy az előbbi felsorolásban ismételten feltűnik az instabilitásra való törekvés. Az orgona hagyományos karakterének meghatározó eleme a stabilitás, amely a hangszernek az egyházi liturgiában betöltött szerepe szempontjából praktikus és szimbolikus jelentőséggel is bír. Mivel céljaim között szerepelt, hogy az orgona kevésbé ismert arcát mutassam meg – és a hangversenytermi kontextus miatt a liturgikus konnotációkkal nem kellett foglalkoznom –, minden lehetőséget igyekeztem megragadni e stabilitás megingatása érdekében.²⁹

II.5. A vezérlőinterfész(ek) megtervezése

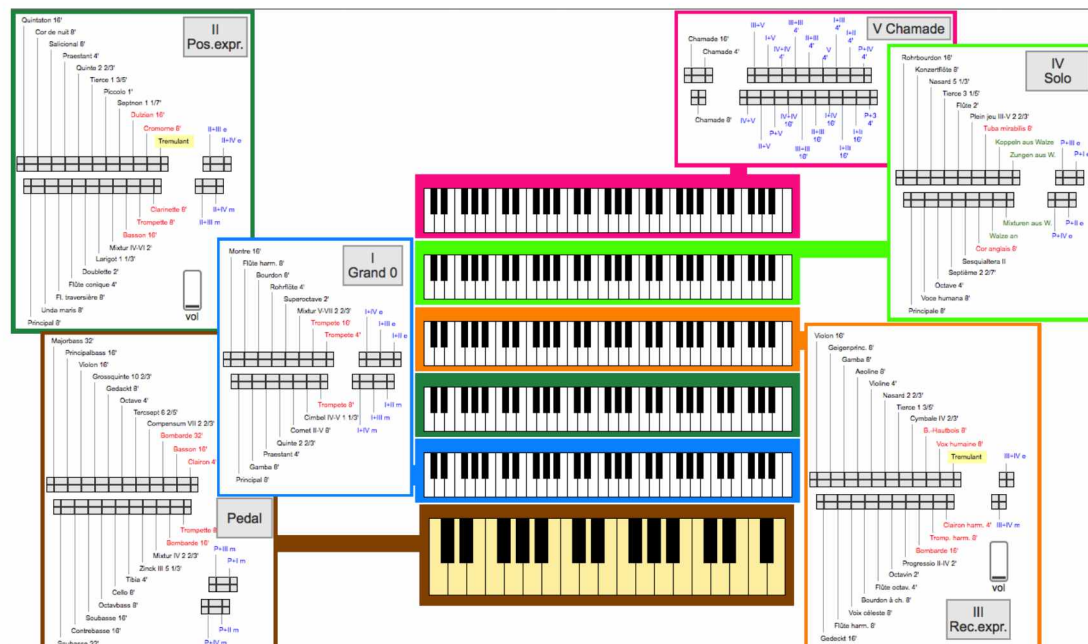
A legtöbb akusztikus hangszer esetében, ha új játékmódokat és hangeffektusokat keresünk, a hangszer egésze, tehát a kezelőfelület és a vele szoros fizikai kapcsolatban lévő hangelőállító elemek is rendelkezésünkre állnak a kísérletezéshez. Az orgonánál – hacsak nem fogunk komoly barkácsolásba az orgonaszekrényben – jóval korlátozottabbak a lehetőségeink. A hangszernek a játszóasztalon túli része az orgonista számára gyakorlatilag hozzáférhetetlen fekete doboz, legalábbis játék közben. Mindez fokozottan érvényes az elektromos traktúra esetében: a hang forrásától való fizikai távolság és a gépi erővel való megszólaltatás a szokásosnál

²⁹ Ligeti fontos megállapítást tesz, amikor leszögezi, hogy a még ismeretlen területek felé vezető úton a játszadozás, a szabad kísérletezés jelentheti a kiindulópontot. A többi hangszerhez hasonlóan az orgonára is igaz, hogy éppen a korábban nemkívánatosnak tartott hangzások vagy tulajdonságok („betegségek”) lehetnek azok, melyek a kortárs zeneszerző elképzelései számára a legadekvátabb kifejezőeszközöknek bizonyulnak, és így teljeskörű emancipációban részesülhetnek (már „egészségnek számítanak”). Lásd: Ligeti György: „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. (Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010): 223-235. 225-226. o.

közvetettebb hangszerjátékot eredményez. Ehhez képest már nem is tűnik akkora ugrásnak a MIDI: voltaképpen a játszóasztal eleve távirányítással operáló vezérlőelemeitől tesszük át az irányítást a számítógépes szoftverbe.³⁰

Mivel a rendelkezésre álló MIDI-parancsok nagyjából a játszóasztal vezérlési lehetőségeit fedik le, ha bármilyen új kezelőfelületet szeretnénk alkotni az orgonához, azt lényegében a játszóasztalra applikált új réteg formájában tudjuk megtenni. Más szóval, az áttérképezést nem az új felület és a hangkeltő rendszer, hanem az új és a régi felület (a játszóasztal) közé kell megterveznünk. Kicsit ahhoz hasonlatos ez a helyzet, ahogy Trimpin külső, bármely zongorára rászerezhető gépzongora-mechanizmusa működik, azzal a különbséggel, hogy esetünkben az eredeti felület fizikai mivoltában nem, csak az elektronikus parancstovábbítás szintjén marad benne a rendszerben.

Az orgona készítőitől kapott táblázat alapján viszonylag egyszerű volt az alapszintű MIDI-vezérlés megprogramozása. Első lépésként tehát a játszóasztal szoftveres modelljét készítettem el, melynek vizuális kialakítása is a játszóasztalra emlékeztet (1. ábra).



1. ábra: A játszóasztal szoftveres modelljének felhasználói felülete

³⁰ Vö. a robothangszerekkel, melyeknél sokkal szembetűnőbb a különbség a közvetlen és a távirányítású játék között.

Ennek segítségével majdnem minden, az orgonista keze (és lába) ügyében lévő vezérlőelem a számítógépről is elérhetővé vált. Kivételt képeznek az alábbi, a számítógépes vezérlés révén feleslegessé váló (mert könnyedén pótolható) játszóasztali elemek:

- A kopulák kapcsolói
- Sostenuto-gombok
- Henger
- Preset-gombok

Az egyetlen gomb, melyet szerettem volna távvezérelni, de nem találtam meg a módját, a motor kapcsolója volt.

A játszóasztal-modell – bár egérrel tömeges regiszterkapcsolások és nagyvonalú clusterek rajzolhatóak bele – természetesen még nem tett lehetővé gyökeresen új, gesztusalapú vezérlést. Ehhez alkalmas kontrollerek kiválasztására és zeneileg célravezető áttérképezés (mapping) megtervezésére volt szükség.

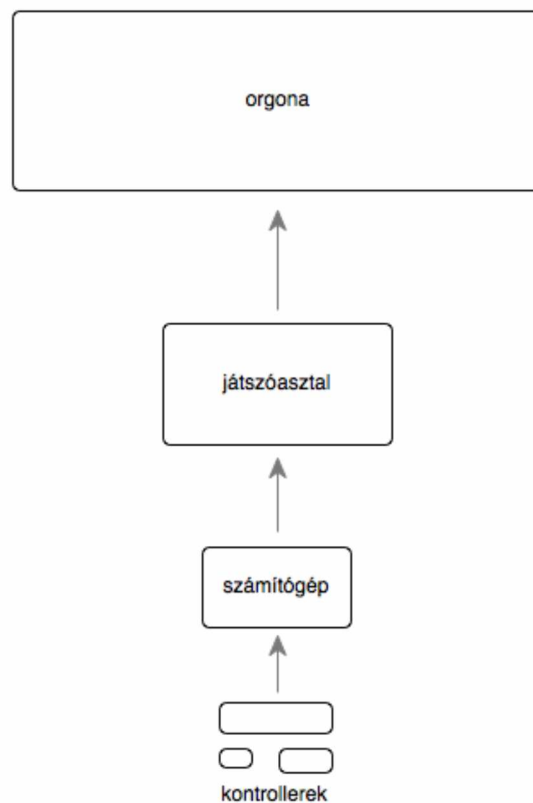
Már a munka viszonylag korai fázisában megszületett bennem a gondolat, hogy térbeli mozdulatokkal szeretnék dolgozni. Ez valószínűleg összefügg az orgona markáns térbeliségével és lehengerlő dimenzióival: úgy éreztem, hogy ha kicsiben is, de mindenképp három dimenzióban kell mozognom ahhoz, hogy e hatalmas hangszert a magam és a közönség szemében autentikusan tudjam megszólaltatni.

A létező és számomra hozzáférhető térbeli mozgásérzékelő kontrollerek közül az alábbiak jöhettek szóba:

- Nintendo Wiimote: Ezzel az eszközzel már sokat dolgoztam és aránylag nagy tapasztalatra tettem szert. Ellene szólt viszont, hogy egyszerre csak néhány mozgásparamétere használható megbízhatóan, és hogy valódi térbeli pozíció-érzékelésre nem képes.
- Microsoft Kinect: Kamera alapú eszköz, mely a teljes test abszolút, illetve a főbb ízületek egymáshoz viszonyított pozícióját követi le. Azért vettem el, mert nem akartam, hogy az egész testemet egyetlen controller foglalja le, nem éreztem magam eléggé virtuóznak az ehhez szükséges mozgáskoordináció szempontjából, továbbá attól tartottam, hogy a mozgás volumene szükségtelenül és aránytalanul elvonta volna a figyelmet a zenéről.
- Leap Motion: Szintén kamera alapú controller, a kéz vagy kezek mozdulatait és pozícióját követi le igen nagy precizitással. Erre esett a választásom, mert így egy behatárolt térben tett kézmozdulatokkal tudtam dolgozni ülő

testhelyzetben úgy, hogy eközben még további eszközök kezelésére is maradtak erőforrásaim.

A végső verzióban két másik, egyszerűbb MIDI-kontrollert is használtam: egy nyomógombokat, csúszkákat és tekerőpotmétereket tartalmazó Korg nanoKONROL-t és egy háromgombos Logidy UMI3 pedált. A teljes rendszer sematikus felépítése a 2. ábrán látható. A következőkben áttekintést nyújtok a darab megvalósításának technikai részleteiről, az alkalmazott vezérlési és mapping-stratégiákról, továbbá ezek zenei implikációiról.



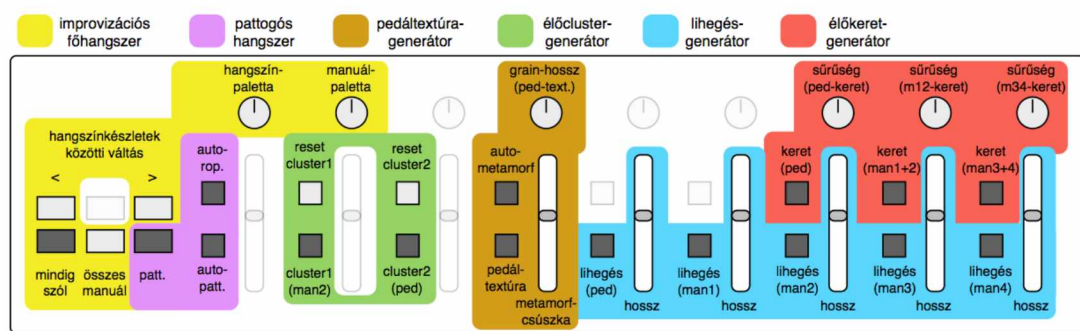
2. ábra: Az összes részt vevő elem és az információ áramlási útja

II.6. Az elkészült metahangszer alegységei

A *HUMachiNe.org* című darab valahol a kompozíció és a (komponált) improvizációs hangszer között helyezkedik el. Az alábbiakban, amikor a mű előadásához használt metahangszer alegységeit vesszük sorra, egyúttal zenei építőelemekről is beszélünk. Az elnevezések teljességgel önkényesek, a cél az egységek esszenciájának megragadása volt.

- Az „improvizációs főhangszer”
- A „pattogós hangszer”
- A „lihegés-generátor”
- A „pedáltextúra-generátor”
- Az „élőkeret-generátor”
- Az „élőcluster-generátor”

A szubjektív elnevezésekből is látszik, hogy két alaptípust különböztethetünk meg: hangszereket és generátorokat. Az egységeket az alkalmazott vezérlőelemek szerint csoportosítva mutatom be. A nanoKONTROL minden egység vezérlésében részt vesz, kiosztása a 3. ábrán látható.



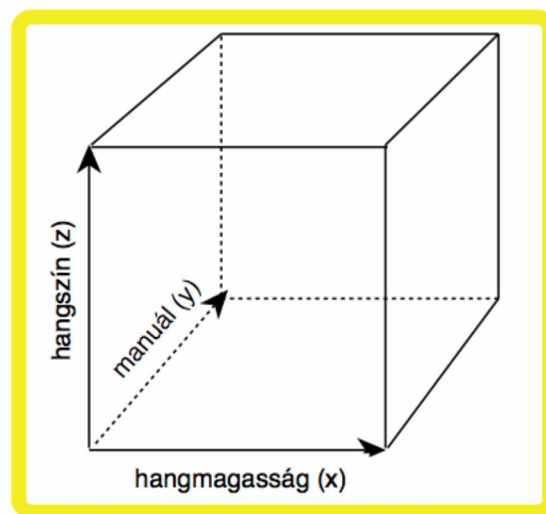
3. ábra: A nanoKONTROL paraméterkiosztása. A sötét gombok kétállásúak, a világosak csak a lenyomást érzékelik

II.6.1. Háromdimenziós pozícióérzékelő felület

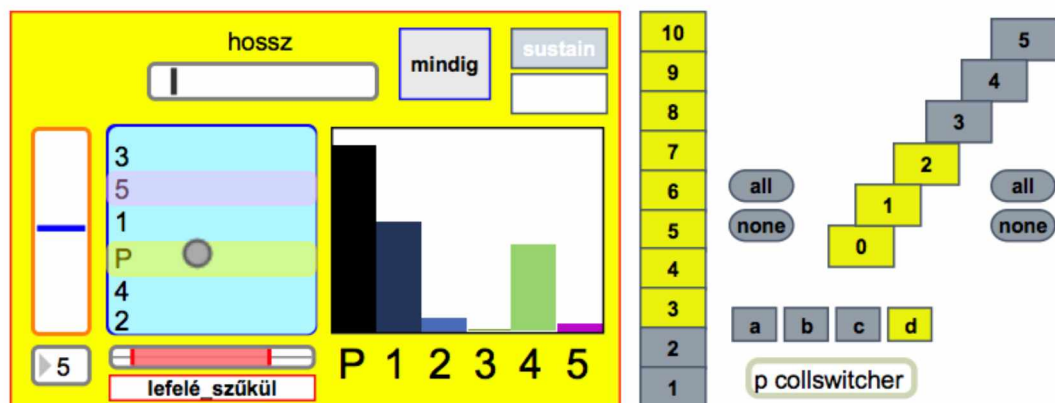
A Leap Motion kontroller köré két különálló egységet építettem. Hangszereknek nevezem őket, mert különböző mértékben ugyan, de szabad mozgásteret engednek az improvizátor-előadónak artikuláció és zenei kifejezés terén.

II.6.1.1. Az „improvizációs főhangszer”

Ez a metahangszer központi egysége, ha úgy tetszik, személyes metaorgonám főműve (Hauptwerk). Működési alapelve igen egyszerű, és az orgona, pontosabban a játszóasztal térbeli kialakításában gyökerezik. Itt a Leap Motion tengelyeinek a 4. ábrán látható paramétereit feleltettem meg, az egység szoftveres felületét az 5. ábra mutatja.



4. ábra: A Leap Motion kiosztása az „improvizációs főhangszer” esetében



5. ábra: Az „improvizációs főhangszer” szoftveres felülete

A kétdimenziós síkon mozgó kör a szenzor felett oldalirányban (x tengely) és előre-hátra (y tengely) mozgatott kéz pozícióját követi, mintegy felülnézetben. Mindez pedig nagyjából megfelel a játszóasztal szintén felülnézeti képének: oldalirányban a billentyűzet legmélyebb és legmagasabb hangja között mozgunk, mélységben pedig a manuálok (és a pedálmű) között. A harmadik dimenzió, amelyben a kéz függőleges (z tengely) mozgatásával tudunk navigálni, a regisztráció által képviselt hangszínparamétert testesíti meg.

Kikapcsolt motor vagy regiszterek nélküli játék esetén sípok nem, csak billentyűk (pontosabban a szelepek elektromágneses kapcsolói) által keltett zörejek szólalnak meg. A manuálokat nem a játszóasztalon elfoglalt helyük, hanem az általuk kelthető billentyűzajok minősége alapján rendeztem sorba az y tengely mentén, mert fontosnak tartottam, hogy távolságérzet (intenzitás) tekintetében

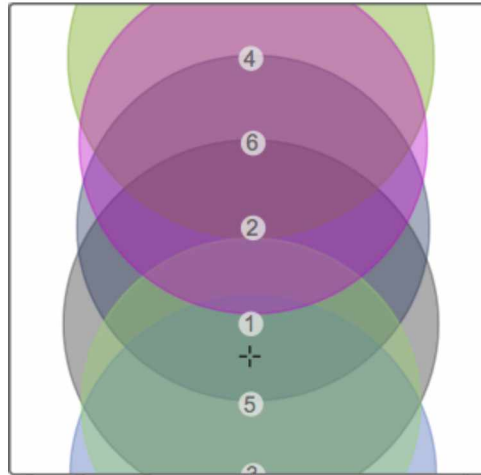
folyamatos változást tudjak előállítani, fokozatosan közeledő vagy távolodó kopogás-kattogás formájában.³¹

A *z* tengelyt 11 fokozatra osztottam, melyek mindegyike egy-egy programozható regisztrációs beállítást (presetet) aktivál. Amikor a kéz elér egy új magassági fokozatot, az összes manuál regisztrációja megváltozik. A 0. preset egyetlen regisztrert sem tartalmaz, ez tehát a billentyűzaj-üzemmód. A többi presetből összeálló hangszínekészlet viszont cserélhető, a koncertverzióban négy különböző készlettel dolgoztam (a felületen az a-b-c-d gombokkal lehetett köztük váltani). Ezeket a szoftver szöveges adatbázis formájában tárolja, így akár koncert közben is módosíthatóak, illetve bármikor bővíthető a rendszer további hangszínekészletekkel.

Az *x* tengely beosztása a 61 (a pedálok esetében 32) hangmagassághoz, az *y* tengelyé a 6 manuálhoz igazodik, ezek azonban nem eredményeznek olyan világos fokozatosságot, mint amit a *z* tengely esetében tapasztalunk. Ennek okai a két paraméter esetében hasonlóak:

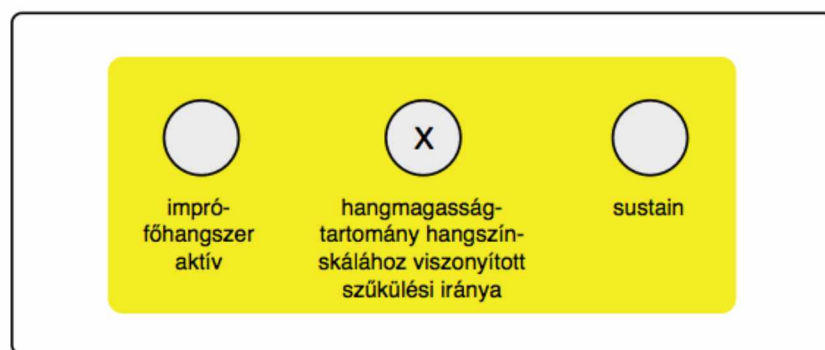
- Hangmagasság: Az oldalirányú mozgással nem konkrét hangmagasságot, hanem tartományt határozunk meg, melyből véletlenszerűen történik a megszólaló hang kiválasztása. Az elmozdulással így csupán a valószínűségi arányokat módosítjuk. A tartomány szélességét a *z* tengelyhez (hangszín) kapcsoltam, a változás iránya a középső pedálgomb megnyomásával megfordítható (7. ábra).
- Manuálok: Szintén valószínűséget szabályozunk, amikor kezünket előre-hátra mozgatjuk. A 6. ábrán látható, egymást átfedő halmazok jelképezik az egyes manuálokat, és a rajtuk közepén áthaladó kereszt mutatja a kéz pozícióját. Egy manuál megszólalási valószínűségét a hozzá tartozó halmaz középpontjának a kereszttől való pillanatnyi távolsága határozza meg. A halmazok könnyedén átrendezhetőek, így bármikor új manuál-konfigurációt készíthetünk.

³¹ Érdekes módon a szubjektív távolságérzet-skálám nem fedi teljesen az orgona műveinek tényleges térbeli elhelyezkedését (például a II. és a III. manuálhoz tartozó művek nálam a skála két végére kerültek, holott valójában mindkettő hátul helyezkedik el).



6. ábra: A manuálok megszólalási valószínűségét szabályozó halmazok

A megszólaló hangok hosszúságát a tenyér síkjának az alkar hosszanti tengelye körüli elforgatásával lehet szabályozni. Az alapértelmezett hanghossz minden – a z tengely hangszínfokozataihoz tartozó – regisztrációs beállításhoz külön megadható, így a regiszterek késésbeli különbségei kiegyenlíthetőek. Az alapadat a tenyér vízszintes helyzete esetén érvényes, annak elforgatásakor arányosan hosszabbodik a hang. Radikális akkumulációra (globális sustain) a jobb pedálgomb nyomva tartásával van lehetőség, ekkor minden újabb megszólaló hang a pedál felengedéséig aktív marad, így rövid idő alatt nagy hangtömeget lehet létrehozni. Felengedéskor minden billentyű és regiszter kikapcsolási parancsot kap, így az esetlegesen korábbról bent ragadt hangok és regiszterek is deaktiválhatóak.



7. ábra: A pedál csak az „improvizációs főhangszer” vezérlésében vesz részt (x: váltó, a többi a nyomva tartás ideje alatt aktív)

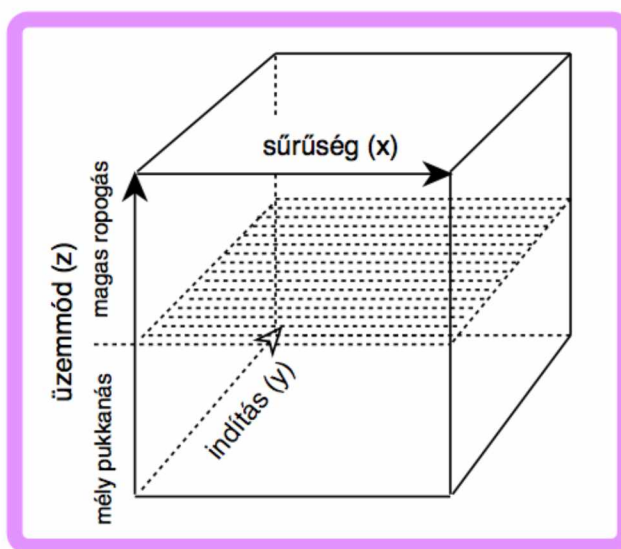
A „mindig” feliratú gomb egy fontos, a hangszer karakterét erősen befolyásoló kapcsoló: ez dönti el, hogy folyamatosan szólalnak meg hangok, ha a kéz a virtuális dobozban van, vagy pedig csak akkor, ha határozott mozdulatot teszünk vele. Az

egész hangszer csak a bal pedálgomb nyomva tartásakor aktív, így a „mindig” gomb bekapcsolása sem jelent feltétlenül folyamatos hangáradatot.

Mind a manuálok, mind pedig a hangszínfokozatok szelektíven be- és kikapcsolhatóak, így ideiglenesen korlátozni tudjuk a rendelkezésre álló hangszínek körét. A nanoKONTROL erre a célra kijelölt tekerőpotmétere alulról felfelé való fokozatos bekapcsolást (és a hangszínfokozatok esetében felfelé való fokozatos kikapcsolást) tesznek lehetővé, a számítógép számbillentyűivel pedig tetszőleges, nem feltétlenül szomszédos manuálok is gyorsan kapcsolhatóak.

II.6.1.2. A „pattogós hangszer”

A nanoKONTROL megfelelő gombjának bekapcsolásakor életbe lép a Leap Motion-höz rendelt második vezérlési séma (8. ábra).



8. ábra: A Leap Motion kiosztása a „pattogós hangszer” esetében

Ellentétben az „improvizációs főhangszerrel”, itt a három tengely mentén nem folyamatos paraméterváltozások történnek. A vezérlést a hangszer igencsak korlátozott lehetőségeihez próbáltam optimalizálni. A háromdimenziós tér – mint ahogy maga a hangszer is – két részből áll. A virtuális doboz alsó fele a pedál Bombarde 32' nevű, a felső az V. manuál Chamade 16' nevű regiszterét szólaltatja meg. Mindkét nyelvsípregiszterrel érdekes, perkusszív jellegű effektusokat lehet előállítani, ha kellően rövid és mély staccatokat játszunk rajtuk.

- Mély pukkanások: Ha a kéz az alsó részben van, kizárólag az y tengelyen való mozgás generál vezérlési információt, az is csak egyfélét, mégpedig a hangot indító impulzust.³² Egy algoritmus figyeli a tengely mentén való elmozdulást, és ha az átlép egy bizonyos sebességhatárt, továbbít egy impulzust; ennek nyomán megszólal egy 30 ms hosszúságú hang, melynek magassága egy előre beállított tartományon belül véletlenszerűen kerül kiválasztásra. Ez a metahangszer egyetlen pontja, ahol klasszikus gesztusfelismerést alkalmaztam egy hangyi esemény beindítására.
- Magas ropogás: Ha belépünk a felső részbe, automatikusan beindul egy másik algoritmus, amely 50 ms-onként játszik egy szintén véletlenszerű hangmagasságot. Itt az x tengely szolgáltatja az egyetlen hasznos információt: a hangok hosszát változtatja 10 és 20 ms között. Ez nem tűnik nagy különbségnek, ám a választott regiszter esetében ez éppen a határsáv, melynek elején még nem tudnak megszólalni a sípok, a végén pedig már igen. A pont, ahonnan már hangot hallunk, hangmagasság (síp méret) szerint változó. Mivel azonban ez utóbbi paraméterre nincs közvetlen ráhatásunk, a kéz balról jobbra való elmozdítása egyszerűen a hangzó textúra sűrűsödését eredményezi.

Két egyszerű részhangszerről van tehát szó, a kettőnek egyazon háromdimenziós vezérlési térbe való összehozása mégis egy összetett, a szűk keretek között is változatosan artikulálható hangszert eredményez.

A szabad játékon túl a nanoKONTROL megfelelő kapcsolóival lehetőség van a két perkusszív textúra automatizálására a sűrűségek véletlenszerű ingadozása mellett.

II.6.2. Hagyományos vezérlés

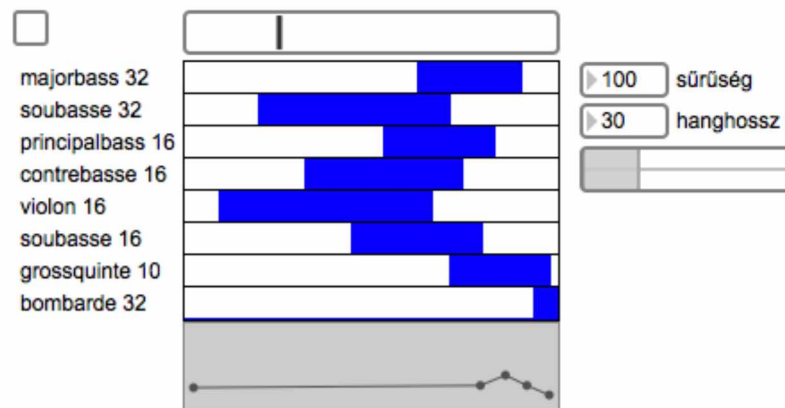
A többi, általam generátoroknak elnevezett egység sok beépített automatizmust tartalmaz, irányításuk inkább hasonlít autonóm rendszerek paramétereinek finomhangolására, mint szabad hangszerjátékra. Vezérlésüket ezért is bíztam a

³² A beindításhoz szükséges mozdulat a Soundpainting „hit” gesztusának felel meg. Ez a gesztus a jelnyelv legegyszerűbb jelei közé tartozik, és staccato-szerű, rövid hangok előhívására használatos. Maga a mozdulat leginkább talán a darts nevű sportág dobó gesztusához hasonlít. A mozgás hirtelensége révén különösen alkalmas trigger, azaz indító jellegű vezérlési feladatok ellátására.

kevésbé gesztikus természetű, viszont cserébe nagyobb precizitást engedő nanoKONTROL-ra.

II.6.2.1. A „pedáلتextúra-generátor”

Ez egy egyszerű hangsorozat-generátor, mely a pedálmű néhány regiszterét használja, és az alsó másfél oktávból választ véletlenszerű hangmagasságokat. Ami mégis némi zeneiséget köcsönöz neki, az az egydimenziós komponált vezérlőelem elvének implementációja, illetve a rendelkezésre álló néhány paraméter korlátozott vezérelhetősége. Az egységhez tartozó szoftveres felületet a 9. ábra mutatja.



9. ábra: A „pedáلتextúra-generátor” szoftveres felülete

Amint látható, a csúszka teljes hosszán belül a nyolc használt regiszter különböző szakaszokon aktív. Szükségesnek éreztem a hangmagasság-tartomány felső határának módosíthatóságát is, erre szolgál az alsó görbe. A konfiguráció a felületen könnyen módosítható, ami a hangszerrel való interaktív kísérletezésre ad lehetőséget. Céлом az volt, hogy a csúszka egyenletes haladása esetén folyamatos hangszínváltozás történjen, de ez az interpoláció ne csak két, hanem tetszőleges számú, egymás után rendezett hangszínállapot között történhessen. A kiindulási pontot a regisztráció nélküli billentyűzaj-textúra képviseli. A csúszka a nanoKONTROL-on manuálisan vezérelhető, vagy elindítható egy fix sebességű végighaladás a teljes tartományon. Utóbbi esetben is interaktív marad a csúszka manuális játék céljára, mely után – kikapcsolásig – folytatja a megkezdett utat. Korlátozottan szabályozható továbbá a sűrűség és a hanghossz, ezeket a csúszka

végén elért Bombarde 32' regiszter hangzásának kiteljesítéséhez, felerősítéséhez építettem be.

II.6.2.2. A „lihegégsgenerátor”

Az orgonával való korai kísérletezésem során fedeztem fel az akció és megszólalás közötti késésben rejlő izgalmas hangzásbeli lehetőségeket. A késés mértéke mindig függ a regisztertől és a hangmagasságtól. Alapvetően kétféle kontextusban figyelhető meg a késés jelensége:

- Ha változatlan regisztráció mellett lenyomunk egy billentyűt: ilyenkor a késés tipikusan kisebb, sokszor elhanyagolható.
- Ha lenyomott billentyű mellett bekapcsolunk egy regisztert: ilyenkor hosszabb, bizonyos regiszterek esetében többszáz milliszekundumnyi idő telik el a hang megszólalásáig.

A „lihegégsgenerátorban” ez utóbbi jelenséget igyekeztem kiaknázni. Ha a regisztert a teljes értékű megszólalás, a hang stabilizálódása előtti pillanatokban sikerül kikapcsolni, érdekes, instabil, emberi lihegéshez hasonló effektust kapunk, melynek jellemzői (főként a színezet, illetve levegő és hangmagasság aránya) a használt síp függvényében, igen széles spektrumon változnak.

Első lépésként szükség volt a sípok ezirányú tulajdonságainak feltérképezésére. Először egy pontos méréseken alapuló, félig automatizált módszerrel próbálkoztam. Hang- és párhuzamos MIDI-felvételt készítettem, melynek során egy lenyomott billentyű mellett egymás után, egyesével kapcsolgattam be-ki a regisztereket. Manuálonként hat hangmagassággal (minden *c* hanggal), a pedálok esetében pedig a három *c* mellett még az alsó és a felső oktávban lévő *f*-fel végeztem el ezt a műveletet. Ezután programoztam egy algoritmust, amely a MIDI- és a hangsáv összehasonlításával megmérte a regiszterek bekapcsolása és a hangok megszólalása közötti időbeli távolságot, és a kapott számokat egy adatbázisban helyezte el. Eltekintve attól a nehézségtől, amelyet a hangok kezdetének pontos megállapítása (onset detection) jelentett,³³ a gyakorlati alkalmazás kísérlete is inkonzisztens

³³ A nehézség abban áll, hogy nem egyértelmű, mi jelzi a hang elindulását, és a szubjektív érzet regiszterenként és hangmagasságoként különböző lehet. Például a gyors hangerőnövekedés észlelése működhet egy magas, határozott karakterű sípnál, de kevésbé egy mély, levegős, lassú berezgésű síp esetében.

eredményekre vezetett. Amikor az adatbázis alapján a teljes vagy arányosan csökkentett késési időtartam letelte után kapcsoltam ki a regisztereket, a várt egységes viselkedés helyett egyes sípok megszólaltak, mások nem. Ezért a kapott számokból kiindulva, de hosszadalmas, percepció alapú finomhangolás során jutottam csak el a működő beállításokig, amelyek ráadásul még így sem bizonyultak időtállóknak: az egyik nap behangolt lihegések a következő nap nem működtek, utánállítást igényeltek. Részben emiatt döntöttem úgy, hogy az időtartamokat az előre beállított tartományokon belül élőben vezérelhetővé teszem. Döntésem másik oka az volt, hogy még a pillanatnyilag jól behangolt lihegések esetében is gondot okozott a folyamat elindítása, az effektus minőségére ugyanis a bekapcsolás előtti passzív állapot hossza is hatással van, ha ez utóbbi túl hosszú, akkor utána hamarabb megszületik a hang (ezért a két lihegés közötti időt a ritmikai diverzitás érdekében véletlenszerűen meghatározó algoritmusokat is egyenként, kísérletezéssel kellett beállítanom). Végül manuálként csak egyetlen billentyűt és néhány regisztert használtam,³⁴ és a koncert során nulláról indulva, az időtartamokat fokozatosan növelve közelítettem meg a határértékeket, ügyelve arra, hogy egyik síp se billenjen át folyamatos hangadásba. Így egy beúsztatás (fade in) jellegű hatást tudtam elérni a teljes textúrára vonatkozólag.

II.6.2.3. Az „élőkeret-generátor”

Ez az egység a hangmagasságok és a hangszínek terén egyaránt a behatárolt, jól kontrollálható véletlenszerűség elvét alkalmazza. Célja olyan nagyon magas, illetve nagyon mély hangrétegek létrehozása, melyek vékonyságuk ellenére folyamatosan változnak, mintegy önálló belső élettel rendelkeznek.

A magas rétegek számára az I-II-III-IV. manuálokra választottam összesen 12 olyan regisztert, amelyeknek legkisebb sípjai az egész orgona legmagasabb hangjait produkálják. Egymástól független véletlengenerátorok válogatnak a legfelső hat hangmagasságból. Az előadó a lenyomások és felengedések arányát tudja szabályozni a nanoKONTROL tekerőpotmétereivel, így befolyásolva a hangfolyam sűrűségét, rétegzettségét. Ezzel párhuzamosan szintén irányított

³⁴ A különböző síphosszúságok miatt így is változatos hangmagasságokat kaptam a nyomva tartott billentyűhöz tartozó alaphang felhangkészletéből.

véletlenszerűség határozza meg, hogy adott pillanatban mely regiszterek vannak bekapcsolva a 12-ből. Mivel a generátorok semmilyen módon nincsenek szinkronban, ideális esetben egy folyamatosan változó, soha nem ismétlődő, csillámló folyondár keletkezik a hangtér tetején. A mély réteg hasonló elv alapján képződik a pedálmű hat mély regiszterének és öt legalsó hangjának felhasználásával. A kétféle réteg tehát keretezi az orgonával előállítható hangmagasságok tartományát. Az V. manuálon, vagy a magas réteg szelektív kikapcsolásával akár más manuálokon történő játékkal pedig megtölthetjük az így bekeretezett hangteret.

II.6.2.4. Az „élőcluster-generátor”

Az „élőkeret-generátor” elvén, ám annál jóval nagyobb hangmagasság- és regisztervolumennel dolgozó egység. Azt a jelenséget használja ki, hogy túl sok mély hang és regiszter egyidejű aktiválásakor a szélellátást biztosító motorok maximális teljesítménye sem elég minden síp rendeltetésszerű megszólaltatásához. Ekkor olyan, instabil állapotba kerül az adott mű, melyben egy-egy billentyű vagy regiszter be- vagy kikapcsolása is nem várt hatást gyakorolhat a teljes hangtömeg kumulatív hangszínére. A műveletek gondos sorbaállításával véleményem szerint kialakíthatóak lennének olyan hangszínskálák vagy -terek, melyekben szinte fokozatmentesen lehetne navigálni. Ehhez azonban szükség lenne a motor maximális teljesítményének korlátozására, hogy ne merüljön fel a túlmelegedés veszélye, és könnyebben, kisebb volumenű síphasználattal is el lehessen jutni az instabil hangzás állapotába. Az optimális megoldás persze a függetlenül szabályozható szélellátás lenne. Mivel ilyen lehetőségek jelen projekt keretében nem adódtak, az effektust csak korlátozott ideig használtam, és paramétereit itt is a kontrollálható, behatárolt véletlenszerűsége bízta meg.

Az egység a pedál és a II. manuál alsó másfél oktávját és néhány nyelvsípsor kivételével összes regiszterét megmozgatja. Itt is a lenyomások-felengedések arányát, és ezzel a hangtömeg sűrűségét tudjuk szabályozni, a csúszkák maximális állapota idézi elő a légszomj-effektus legteljesebb formáját. A két orgonamű foglalkoztatása mellett a több hangszínvariáció és a párhuzamosan futó hangtömeg-modulációkon túl az is szólt, hogy így a kettő között átúsztatással váltogatva, a volumen hallható csökkenése nélkül tudjuk pihentetni a motorokat és ezzel

csökkenteni a koncert közbeni leállás veszélyét. A nanoKONTROL-on elhelyezett reset-gombokkal pedig megszakíthatjuk az aktuális hangtömeget, újraindítva annak felépülését.

II.6.3. Több egység párhuzamos használata

Az előzőekben tárgyalt hangszerek és generátorok a rendelkezésre álló orgonaműveket változó mértékben használják (10. ábra). Bár az „improvizációs főhangszer” potenciálisan az összes erőforrást képes lekötni, tényleges ambitusa különböző szűrőkkel könnyen behatárolható és dinamikusán változtatható. A többi hangszerre és generátorra nézve is igaz, hogy dönthetünk csak bizonyos alegységeik igénybe vételéről.



10. ábra: Az orgonaművek egyes egységeik általi lefedettsége; a színek kódok feloldását lásd a 3. ábrán

Mindez változatos kombinációkat tesz lehetővé. Az „improvizációs főhangszer” – többek között jól elkülönülő vezérlési módja révén – különösképpen kínálkozik a más egységekkel való együttjátékra. Ez még olyankor is érdekes zenei és hangzásbeli eredményeket produkálhat, ha nem teszünk meg mindent a párhuzamosan futó rendszerek izolációja érdekében. Ilyen szituáció állhat elő például, ha a „pedáلتextúra-generátor” futása közben a Leap Motion feletti mozdulatokkal felülírjuk a pedál regisztrációját, vagy ha a bekapcsolt lihegésekbe improvizálunk bele szabadon. Mivel az összes egység pontos működési mechanizmusának fejben tartása nem várható el a zenélésbe belefeledkező improvizátor-előadótól – bár sok gyakorlással elvben akár el is érhetjük azok internalizált tudását –, ilyenkor nem lehet minden részletre kiterjedően kiszámítani,

hogy mi fog történni.³⁵ Ez veszélyesen hangozhat bár, de úgy gondolom, hogy egyúttal sok izgalmas zenei szituációhoz is vezethet, és talán éppen ebben rejlik a metahangszer legnagyobb expresszív és exploratív potenciálja.

II.7. Megjegyzések, tapasztalatok

A metahangszer megépítéséhez vezető kísérletezés és a koncertszituációban való zenei tesztelés során az alábbi tapasztalatokat szereztem, illetve észrevételeket tettem:

- A mozgásszenzoros vezérlés már az első kipróbálás alkalmával, vázlatos áttérképezés mellett is feltűnően élvezetesnek bizonyult minden tesztelő számára. A virtuális doboznak az a tulajdonsága, hogy a térrészleten belül szabadon lehet mozogni és annak minden szegletében új hangokat találni, hosszas exploratív kísérletezésre inspirált mindenkit.
- A koncerten az „improvizációs főhangszerben” használt négy hangszínkészlet közül az egyik végletet egy vegyes, szinte véletlenszerű, a másikat pedig egy percepciós alapon gondosan sorbarendezt skála képviselte. Érdekes volt megfigyelni, hogy bár a szabályos skála egy kiszámíthatóbb, jobban kontrollálható játékot és olyan effektusokat tett lehetővé, mint például a fokozatos hangszíncrescendo, a vegyes készletet is ugyanannyira szívesen használtam: a virtuális doboz egyenetlenebb, gazdagabban tagolt beosztása differenciáltabb kézmozdulatokra ösztönzött, és változatosabb zenei artikulációt eredményezett.
- Az extrém rövidségű hangokkal operáló egységek (a „pattogós hangszer” felső része és a „lihegégsgenerátor”) esetében a hanghosszúság változtatása közvetetten a hangerő és/vagy a sűrűség változásához vezetett. A „lihegégsgenerátornál” a vezérlés kiosztása is ráerősített a keverőpult-asszociációra: a nanoKONTROL csúszkáinak feltolására a hangok fokozatosan felerősödtek. Így anélkül tudtam egy regiszteren belüli észlelt hangerőkülönbségeket előállítani, hogy a II-III. manuálokhoz tartozó – amúgy szintén MIDI-vezérelhető – redőnyöket igénybe vettem volna.

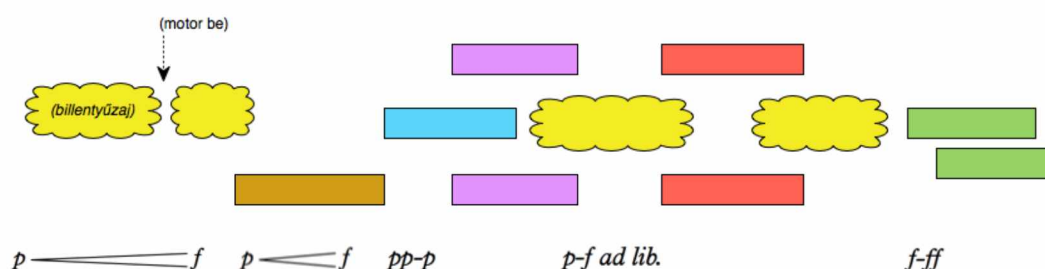
³⁵ A generátorok egyébként felépítésükből adódóan többnyire újratermelik a textúráikat, így nagy baj nem történhet, főleg, ha használjuk a jobb pedálgomb felengedésének mindent kikapcsoló funkcióját.

II.8. Kompozíciós megfontolások

A darab formai felépítésének, továbbá megkomponáltság és improvizáció viszonyának kialakulása nagyban összefüggött a munkafolyamattal, mely az alábbi lépésekből állt:

- Az orgona feltérképezése: A projekt kezdetekor az egyetlen fix pont a hanggenerátorként szolgáló akusztikus hangszer volt, melynek felépítésén és működésén nem lehetett változtatni; szükséges volt viszont felfedezni hagyományos és MIDI-alapú játéklehetőségeit, köztük azokat, amelyek az emberi határok túllépésével szokatlan hangzásokat tettek elérhetővé. Ez a fázis tehát már magában foglalta különböző algoritmusok prototípusainak kifejlesztését és tesztelését is.
- Az érdekesnek tűnő hangzások és zenei szituációk számba vétele és szelektálása: Listát készítettem az általam érdekesnek vélt kísérleti eredményekről, és némelyiket elkezdtem jobban kidolgozni. Ahogy közeledett a koncert dátuma, szükség volt egy erős szelekcióra, hogy a megvalósíthatónak ítélt dolgokra tudjam fókuszálni az erőforrásokat.
- Működőképes egységek megépítése: A kidolgozott algoritmusokhoz megpróbáltam megtalálni a legmegfelelőbb kezelőfelületeket és vezérlési módokat. Itt már félig az előadó bőrébe kellett bújnom, amikor meghoztam az egységek pontos működésével kapcsolatos döntéseket. Hangszerépítői szemmel apróságnak tűnő változtatásokról derült ki, hogy döntően befolyásolják a játszhatóságot és a létrehozható zenei gesztusok – és így a kompozíció – karakterét. Ekkor kristályosodott ki a vezérlés szintjeinek kérdése is: kezdett világossá válni, hogy mely egységek irányítását érdemes részben algoritmusokra bízni, és hol van inkább értelme a közvetlen interakciónak.
- A struktúra megtervezése: Az önmagukban már nagyjából kialakult, saját zenei és vezérlésbeli karakterrel rendelkező egységeket egy idővonal mentén kirakójáték-szerűen rendeztem el, különböző dramaturgiai ívekkel kísérletezve. Az egyidejűségek, átfedések és metamorfózisok kitalálásának zenei és technikai vonzatai is voltak, hiszen az egyszerre jelen lévő különböző vezérlési sémáknak összeegyeztethetőeknek kellett lenniük. Az így

kialakuló terv tulajdonképpen már kirajzolta a darab formai szerkezetét és időbeli lefolyását (11. ábra).



11. ábra: A HUMAchiNe.org komprovizációs szerkezete; a szinkódok feloldását lásd a 3. ábrán

A darab műfajilag leginkább a megkomponált improvizáció (komprovizáció) kategóriába sorolható. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy az „improvizációs főhangszeren” való szabad játék mintegy kötőanyagként szolgált a jobban körülhatárolt hangzásokat és zenei funkciókat képviselő részek között, hozzájárulva ahhoz a fluiditáshoz és képlékenységhöz, amely alapvető célkitűzéseim között szerepelt. Az egységek relatív megkomponáltsága és a különleges hangzású textúrák inherens érdekessége tette lehetővé, hogy a nagyjából 10 perces kompozíció a zenei forma viszonylagos egyszerűsége ellenére se fulladjon unalomba.

Bár a munka során felmerült, hogy egy MIDI-fájl formájában rögzített, pontosan reprodukálható formát öltjön a darab, ezt aztán elvetettem. Amellett, hogy így a projekt egész hangszerépítői aspektusa rejtve maradt volna, a maximális precizitásnál fontosabbnak tartottam, hogy legyen a színpadon egy előadó, akinek mozdulatait a közönség össze tudja kötni a megszólaló hangokkal, és aki reagálni tud a hangszer vagy a hallgatóság nem várt viselkedésére. A pontos időzítést vagy arányokat tartalmazó, élőben nehezen eltalálható beállításokat pedig az algoritmusokban rögzítettem.

Nem az agyra, hanem az érzékekre ható zene lebegett a szemem előtt; absztrakt zenei struktúrák helyett az orgona különleges, ilyen koncentrációban minden bizonnyal ritkán hallható hangzásait szerettem volna megmutatni a közönségnek. A saját felfedezések megosztásának gyermeki vágya mellett a kortárs zene és a szabad improvizáció azon törekvéseire is visszavezethető ez az alapállás, melyek a hangszer mint objektum fizikai valóságának, illetőleg valamiféle metafizikai esszenciájának megragadására irányulnak.

A koncepció szerves része volt tehát a speciális hangzáslehetőségek kiaknázása. Bizonyára egészen más lett volna a darab, ha ezek az effektusok nem váltak volna elérhetővé a MIDI-vezérlés által. Ennek ellenére meggyőződésem, hogy egy, az alapértelmezett orgonahangokra szorítkozó koncepció is izgalmas lehetőségeket tartogat a távvezérléssel operáló zeneszerző előtt – ha máshogy nem, a hangszínkombinációk sokféleségének és ehhez kapcsolódóan a hangforrások szinte végtelen változatosságú térbeli elrendeződésének révén. Éppen ez utóbbi tulajdonság hiánya miatt lenne viszont teljesen elképzelhetetlen elektronikus – szintetizált vagy mintavételezett – orgonahang használata egy ilyen projektben.

II.9. További, nem megvalósult ötletek

Számtalan ötlet maradt megvalósítatlanul, amelyek talán kijelölik a továbblépés lehetséges irányait. Íme néhány példa:

- Beszélő orgona: Ligeti magán- és mássalhangzók külön-külön történő előállításával gondolta megvalósítani saját ötletét, de nem ez az egyetlen módja a hangszeres beszédimitáció megvalósításának. Peter Ablinger *Quadraturen III* című, 2004-es munkájának egyik verziójában számítógépvezérelt zongora kezd el érthetően beszélni. A szerző a szöveg hangfelvételéből indult ki, melyet analízis után a zongora ambitusán belüli MIDI-hangmagasságokká és -ritmusokká konvertált.³⁶ Az érthetőség leginkább a hanglejtés és a hangszínváltozások mégoly tökéletesen rekreálásának köszönhető, a zajkomponensek explicit imitálására ehhez nem is volt szükség. Ennél is izgalmasabb Jonathan Harvey *Speakings* című, 2008-ban készült műve, melyben egy egész szimfonikus zenekar beszél. Az Ablinger-darabhoz hasonlóan itt is az analízis és a zenei hangmagasságoknak való megfeleltetés során jött létre a zenei nyersanyag, melynek beszédszerű hangszereléséhez az IRCAM Orchidée nevű szoftvere szolgáltat automatikusan generált javaslatokkal. A zeneszerző ezekből megkomponálta a zenekari anyagot, melyre az előadás során az élő elektronika még egyszer ráapplikálja

³⁶ A mechanikát Trimpin nyomán Winfried Ritsch, a szoftvert Thomas Musil készítette. Lásd: <http://ablinger.mur.at/docu11.html#qu3>

a beszéd jellegzetes spektrális burkológörbéit.³⁷ Ezekre a példákra és az orgona hangszíngazdagságára alapozva született meg bennem az ötlet, hogy érdemes volna hasonló, a hanglejtésre és a magánhangzókra fókuszáló beszédimitációs kísérleteket folytatni. További lehetőség az eljárás generalizálása, hiszen elméletileg bármilyen hangot le lehetne utánozni az orgonasípok segítségével. Érdekes kihívás lenne például egy Orchidée-szerű algoritmus kifejlesztése, amely a konkrét orgona hangszínpalettájának ismeretében tenne regisztrációs javaslatokat. Ehhez természetesen a hangszer képességeinek további szisztematikus feltérképezésére és a hangszínek analizálására lenne szükség.

- A billentyűk és a regisztráció független kezelésének további kutatása: Sok lehetőséget látok abban a zenei szituációban, amikor a hangmagasság és a hangszín két, párhuzamos síkot képvisel, amelyeken egymástól független, de a hangzó végeredményben összefonódó események zajlanak.
- A „pedáلتextúra-generátor” egydimenziós komponált vezérlőelemének elvét érdemes lenne a manuálokon is, vagy globálisan, az összes regiszter bevonásával megvalósítani, esetleg három dimenziósra bővíteni. Gondos hangszínkálázással párosítva így létrehozható lenne egy vagy több szabadon bejárható regisztrációs hangszíntér, melynek vezérlése az előző pont szellemében vagy a hangmagasságoktól függetlenül történne, vagy pedig azokhoz szabadon konfigurálható módon kapcsolódna.

³⁷ Gilbert Nouno, Arshia Cont, Grégoire Carpentier és Jonathan Harvey: „Making an Orchestra Speak”. *Proceedings of the SMC 2009 – 6th Sound and Music Computing Conference*. (Porto: 2009): 277-282.

Összegzés

[...] valószínűleg könnyebb jó zenét csinálni egy jó kővel, mint egy új, de rossz zenei interfésszel.¹

(Sergi Jordà)

Egy új hangszer megalkotása összetett feladat, melyhez a zenei képzettség mellett hagyományosan több tudományágban való elméleti és gyakorlati jártasság, valamint jelentős időbefektetés, humán és anyagi erőforrások szükségesek. Az utóbbi évek technológiai fejlődésének köszönhetően azonban mára előállt az a helyzet, hogy az informatikával többé-kevésbé lépést tartó zeneszerző számára is elérhető cél lehet a zenei koncepció részét képező hangszer önálló és gyors létrehozása. Ehhez az alábbiak teremtték meg a szükséges feltételeket:

- a digitális fordulat, melynek nyomán különvált a vezérlés és a hangelőállítás;
- a hangszer fogalmának módosulása, kitágulása, illetve a metahangszer moduláris elvének megjelenése;
- tiszta lapként funkcionáló, a vezérlés szabad megtervezhetőségét biztosító beviteli eszközök széleskörű elterjedése;
- kellően gyors számítógépek és olyan, könnyen hozzáférhető szoftverek megjelenése, amelyek segítségével az áttérképezés megtervezése és a valós idejű kísérletezés lehetővé vált;
- a zeneszerző nyitottsága saját szerepkörének kibővülése felé.

A digitális zenei rendszerek számára természetes referenciaként szolgálnak az akusztikus hangszerek, még akkor is, ha működési mechanizmusuk gyökeresen eltér azokétól. Ez ugyanúgy megmutatkozik a zenésznek a játékelménnel, mint a közönségnek a koncertélménnyel kapcsolatos elvárásaiban. Ily módon relevánsak maradnak olyan kérdések, mint zenész és hangszer haptikus viszonya, a köztük zajló energiaáramlás, a hangszerjátékhoz kapcsolódó gesztusok, a nehézség és a virtuozitás, valamint mindezeknek a közönség által érzékelhető vetületei. A hangszerépítő-zeneszerzőnek foglalkoznia kell ezekkel a szempontokkal, még akkor

¹ Sergi Jordà: *Digital Lutherie and Multithreaded Musical Performance: Artistic, Scientific and Commercial Perspectives* (NIME 2011). <http://vimeo.com/groups/nime2011/videos/26909526> (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)

is, ha némelyiküket az adott projekt keretében másodlagosnak ítéli, vagy éppen szándékosan a hagyományos hangszerszerűség elveivel ellentétesen kezeli.

A dolgozatban a digitális rendszerek három összetevője közül elsősorban a vezérlés és az áttérképezés kérdéseit tárgyaltam. A hangelőállítás szerteágazó lehetőségei közül azokra fókuszáltam, amelyek a hangszóró megkerülésével akusztikus eszközökre támaszkodnak, ezzel a számítógép-alapú hangszerkészítés egyetlen, speciális ágára szűkítve a vizsgálódást. Bár a hangzás így nélkülözi az elektronikus hangszintézis, hangfeldolgozás és megszólaltatás minden előnyét (és hátrányát), így is soha nem hallott hangok előállítására nyílik lehetőség azáltal, hogy az emberi irányítást a hangkeltés közvetlen közeléből a rendszer elejére helyezzük át, a kettő közé pedig tetszőleges komplex, akár intelligens elemeket is tartalmazó áttérképezést tervezünk. Ebben a fázisban dől el, hogy a zenei rendszer az autonóm működésre képes hanginstalláció és az egyes hangok szintjén mozgó, közvetlen vezérlésű hangszer között pontosan hol helyezkedik el.

Az ilyen típusú hangszertervezés a zeneszerzői munka szerves részét képezi, hiszen a rendszerbe kódolt hangkeltési képességek, bejárható zenei utak és rendelkezésre álló vezérlési gesztusok köre szükségképpen behatárolja, irányítja az eszközzel való zenélést – szélsőséges esetben olyannyira, hogy a rendszer lehetőségeinek végigpróbálgatása már a kompozíció egy lehetséges formájának megszólalását eredményezi. Ez kisebb mértékben a hagyományos hangszerekre is igaz; a különbség abban rejlik, hogy a digitális hangszerépítés az esetek többségében már az első pillanattól fogva egy konkrét zenei projekt – darab, installáció vagy improvizáció – koncepciójának szellemében történik, és a szerzőnek módjában áll a hangszert a projekt többi aspektusával egyidejűleg formálni. A komponált hangszer mintájára és kiegészítéseként bevezettem a komponált vezérlőelem fogalmát, amely az egy a sokhoz vagy a kevés a sokhoz típusú áttérképezés extrém esetét valósítja meg. Ilyen elemek tervezésével és használatával anélkül férhetünk hozzá a modularitás előnyeéhez, hogy zeneileg primitív képességekkel rendelkező modulokból építkeznénk; a komponált vezérlőelem már magában hordoz egy tetszőlegesen komplex zeneiséget.

Ezek után négy olyan zenélési szituációt vettem közelebből szemügyre, melyek a digitális zenei rendszerek alapelveit alkalmazzák, valamilyen szempontból mégis speciális esetnek számítanak. Érdekes, hogy működésüket tekintve a live coding és a Soundpainting mennyire rokonai egymásnak, annak ellenére, hogy az egyik a

digitális-elektronikus, a másik pedig az analóg-humán végletet képviseli. A robothangszerek esetében csak a hanggenerálás akusztikus, a valós idejű kotta egyik lehetséges alkalmazása pedig olyan intelligens rendszert mutat be, amelynek mindkét végén ember van, a kettejük közötti kommunikáció viszont többszörösen áttételes.

A dolgozat második felében egy olyan saját projektet prezentáltam, mely sok szálon kapcsolódik az addig tárgyaltakhoz. A *HUMachiNe.org* egy komponált improvizáció, melyhez egy meglévő MIDI-vezérelhető orgona köré építettem számítógép-alapú metahangszert. A projekt zenetörténeti előzményei közül Ligeti orgonaműveit és az orgonaépítésre vonatkozó elképzeléseit emeltem ki, utóbbiakat a moziorgonáktól napjaink experimentális hangszereiig terjedő kontextusba helyezve.

A metahangszer kezelőfelületül szolgáló három kontroller egyike háromdimenziós, tiszta dimenzionalitású vezérlőterként működött, melyet lineáris és nemlineáris áttérképezés kombinációjával többfunkciós komponált vezérlőelemmé fejlesztettem. Ezt a kontrollert – mely az előadó és az orgona közti proprioceptív, illetve a közönség és a hangok közti vizuális-gesztikus kapcsolódásért is felelt – túlnyomórészt az egyes hangok szintjén zajló, közvetlen vezérlésnek szenteltem, mely a hagyományos hangszerjátékra leginkább emlékeztető réteg improvizatív megformálásakor került előtérbe. A hangkeltést opcionálisan folyamatos energiabevitelhez kötöttem, mely sokat lendített a hangszerszerűség érzetén; a mozdulatok és a zenei események közötti ok-okozati összefüggés követhetőbbé vált. A kevésbé intuitív, cserébe pontosabb vezérlést lehetővé tevő potenciométereket a generatív algoritmusok paramétereinek irányítására használtam. Ez a kettősség azt az érzetet keltette, hogy két, külön-külön is többfunkciós hangszeren játszom párhuzamosan, és egyszerre több szinten tudom kontrollálni a zenei folyamatokat.

A metahangszer egy adott projekt céljára, a konkrét orgona sajátosságainak kiaknázásával készült. Ez a tény az alábbi implikációkkal jár:

- Nehézség és hosszútávú érdekesség: A hangszerjáték nehézsége szempontjából lényeges körülmény, hogy nem volt lehetőség számottevő, a fejlesztéstől elkülönülő gyakorlási fázisra, így a kívánt hangzások és zenei szituációk aránylag könnyű előidézhetősége alapvető követelmény volt. Az egységek kombinálhatósága és a háromdimenziós felület nyújtotta változatos gesztuslehetőségek ugyanakkor biztosították azt a gazdagságot és variabilitást, amely a játéklehetőségek határait ha nem is szüntette meg, de –

a projekt ideje alatt legalábbis – kellően elérhetetlen messzeségben tartotta. Ehhez hozzájárul még az üres térben való precíz pozicionálás inherens nehézsége, amely egyrészt elengedhetetlenné teszi a gyakorlást, másrészt viszont a véletlenül megszólaltatott hangok révén könnyen új, előre nem látott irányba terelheti a zenét.

- A hanggenerátor lecserélhetősége: A metahangszer valószínűleg csak jelentős módosításokkal lenne átvihető egy másik orgonára, hiszen a konkrét hangszerből kicsalható hagyományos és speciális hangzások köré szerveződött. Az adaptálást ugyanakkor némileg megkönnyíti a szoftver modularitása és beépített konfigurációs-kalibrációs lehetőségei. Kérdéses viszont, hogy más akusztikus, esetleg elektronikus hanggenerátor használata egyáltalán szóba jöhet-e. Bár egyes algoritmusok és vezérlési sémák minden bizonnyal megállnák a helyüket más környezetben is, a rendszer nagy részét nyilvánvalóan újra kellene tervezni az aktuális hanggenerátor hang- és technikai tulajdonságai, illetve az általuk inspirált zenei ötletek függvényében. Ez egyben azt is jelenti, hogy egy ilyen, helyhez kötött akusztikus hanggenerátor esetén a metahangszer stabilitásának kérdése csak viszonylagosan merülhet fel.

A *HUMachiNe.org* számítógép-alapú rendszere egy akusztikus hangkeltéssel rendelkező, de digitálisan megkomponált hangszer. A jellegzetes effektusok előállítását megcélzó alegységek határt szabnak a lehetséges formai sémák és bejárható zenei útvonalak számának. Ez olyan karaktert kölcsönöz a darabnak, mely többszöri improvizatív eljátszás esetén is felismerhetővé teszi azt.

Az a tény, hogy ezt a rendszert csak az akusztikus hanggenerátor különbözteti meg egy átlagos számítógép-alapú improvizációs hangszertől, a játékelményt is nagyon hasonlóvá tette. A távvezérlés ugyanakkor gyakorlatilag robothangszerré változtatta az orgonát, így a vonatkozó alfejezetben tárgyalt jellegzetességek itt is érvényesek. Az elektronikus zene felől nézve azt mondhatjuk, hogy a hangkeltés készen kapott, rendkívüli gazdagsága levette a vállamról a hangszintézis és -feldolgozás kimunkálásának terhét, és folyamatos inspirációt, iránymutatást biztosított a munka során. A hagyományos hangszerekre való komponálás szemszögéből pedig a közbeiktatott előadó hiányának előnyeivel és hátrányaival szembesültem: jól jött az orgonához való közvetlen hozzáférés a kísérletezés fázisában és a végeredmény prezentálásakor, cserébe viszont az előadás

zeneiségének és expresszivitásának minden nüanszáról magamnak kellett gondoskodnom.

A digitális zenei rendszerek, azon belül is elsősorban az interfészek kutatásával és fejlesztésével ma már világszerte nagyon sokan foglalkoznak. Egyetértek azonban Jordànak azzal a meglátásával, hogy csak az egységes, zenei indíttatású koncepcióknak van valódi esélyük művészi szempontból is jelentős és értékes eredmények elérésére.² Úgy gondolom továbbá, hogy a digitális, akusztikus és humán elemeket ötvöző, vegyes zenei rendszerek témaköre további kutatásra érdemes, és még sokáig izgalmas terepe marad a zeneszerzői kísérletezésnek.

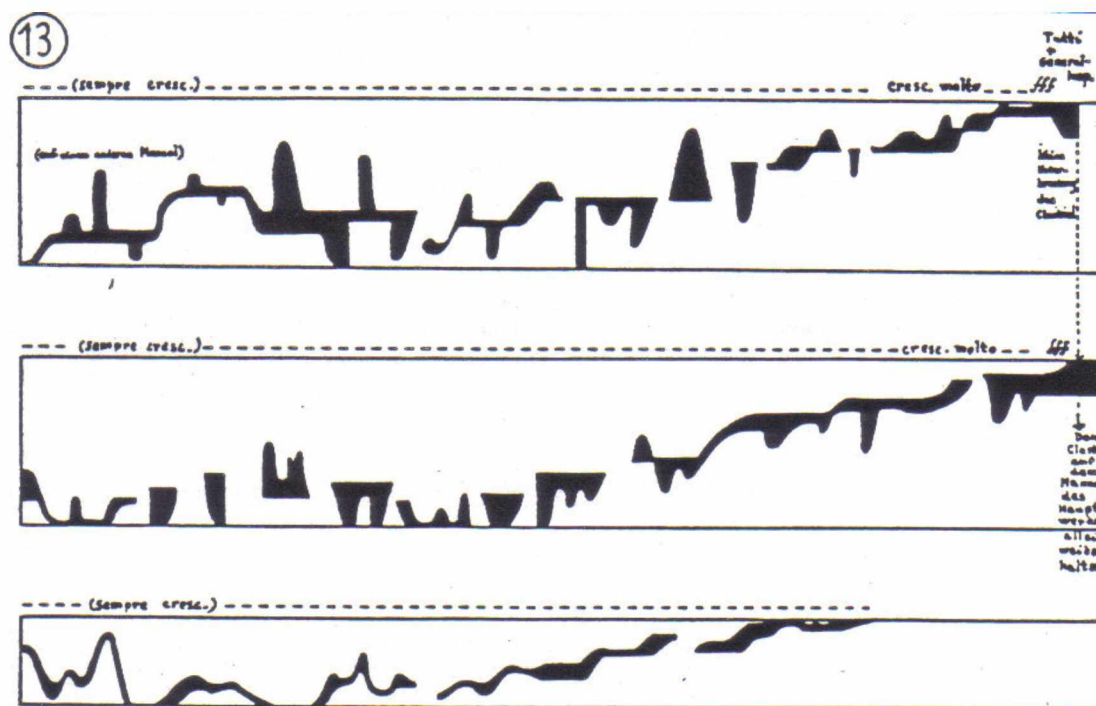
² Sergi Jordà: *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation*. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat). 7. o.

Függelék

A dolgozathoz három melléklet tartozik:

- A) Ligeti György Volumina című művének kottarészlete.
- B) A Bartók Béla Nemzeti Hangversenyterem orgonájának diszpozíciója.
- C) A HUMAchiNe.org című darab bemutatójának (2014. október 17.) kép- és hangfelvétele. Ez a dolgozat leadásának időpontjában még nem áll rendelkezésre, ezért később tudom csatolni.

A) Ligeti György Volumina című művének kottarészlete



B) A Bartók Béla Nemzeti Hangversenyterem orgonájának diszpozíciója

<i>Pedal</i>	<i>I. Grand Orgue</i>	<i>II. Positif expressif</i>	<i>III. Récit expressif</i>	<i>IV. Solo</i>	<i>V. Chamade</i>
1 Majorbass 32' 2 Soubasse 32' 3 Principalbass 16' 4 Contrebasse 16' 5 Violon 16' 6 Soubasse 16' 7 Grossquinte 10 ² / ₃ ' 8 Octavbass 8' 9 Gedackt 8' 10 Cello 8' 11 Octave 4' 12 Tibia 4' 13 Tercsept 2x 6 ² / ₅ ' 14 Zinck 3x 5 ¹ / ₃ ' 15 Compensum 7x 2 ² / ₃ ' 16 Mixtur 4x 2 ² / ₃ ' 17 Bombarde 32' 18 Bombarde 16' 19 Basson 16' 20 Trompete 8' 21 Clairon 4'	30 Montre 16' 31 Principal 8' 32 Flûte harmonique 8' 33 Gamba 8' 34 Bourdon 8' 35 Praestant 4' 36 Rohrflöte 4' 37 Quinte 2 ² / ₃ ' 38 Superoctave 2' 39 Cornet 2-5x 8' 40 Mixtur 5-7x 2 ² / ₃ ' 41 Cimbel 4-5x 1 ¹ / ₃ ' 42 Trompete 16' 43 Trompete 8' 44 Trompete 4'	60 Quintatön 16' 61 Principal 8' 62 Cor de nuit 8' 63 Flûte traversière 8' 64 Salicional 8' 65 Unda maris 8' 66 Praestant 4' 67 Flûte conique 4' 68 Quinte 2 ² / ₃ ' 69 Doublette 2' 70 Terz 1 ³ / ₅ ' 71 Larigot 1 ¹ / ₃ ' 72 Piccolo 1' 73 Septnone 2x ⁸ / ₉ ' + 1 ¹ / ₇ ' 74 Mixtur 4-6x 2' 75 Basson 16' 76 Dulzian 16' 77 Trompette 8' 78 Cromorne 8' 79 Clarinette 8'	90 Violon 16' 91 Gedeckt 16' 92 Geigenprincipal 8' 93 Flûte harmonique 8' 94 Bourdon à cheminée 8' 95 Gamba 8' 96 Aeoline 8' 97 Voix céleste 8' 98 Violine 4' 99 Flûte octaviante 4' 100 Nasard 2 ² / ₃ ' 101 Octavin 2' 102 Tierce 1 ³ / ₅ ' 103 Progressio 2-4x 2' 104 Cymbale 4x 1' 105 Bombarde 16' 106 Trompette harmonique 8' 107 Basson-Hautbois 8' 108 Voix humaine 8' 109 Clairon harmonique 4'	120 Rohrbourdon 16' 121 Principale 8' 122 Konzertflöte 8' 123 Voce humana 8' 124 Nasard 5 ¹ / ₃ ' 125 Octave 4' 126 Tierce 3 ¹ / ₅ ' 127 Septième 2 ² / ₇ ' 128 Flûte 2' 129 Sesquialtera 2 ² / ₃ ' + 1 ³ / ₅ ' 130 Plein jeu 3-5x 2 ² / ₃ ' 131 Cor anglais 8' 132 Tuba mirabilis 8'	150 Chamade 16' 151 Chamade 8' 152 Chamade 4'
22 P+IV m. 23 P+III m. 24 P+II m. 25 P+I m.	45 I+IV m. 46 I+IV e. 47 I+III m. 48 I+III e. 49 I+II m. 50 I+II e.	80 Tremulant II. 81 II+III m. 82 II+III e. 83 II+IV m. 84 II+IV e.	110 Tremulant III. 111 III+IV m. 112 III+IV e.	133 Walze 134 Koppeln aus Walze 135 Mixturen aus Walze 136 Zungen aus Walze 137 P+IV e. 138 P+III e. 139 P+II e. 140 P+I e.	153 IV+V 154 III+V 155 II+V 156 I+V 157 P+V 158 IV+IV 4' 159 IV+IV 16' 160 III+III 4' 161 III+III 16' 162 II+II 4' 163 II+II 16' 164 I+IV 4' 165 I+IV 16' 166 I+III 4' 167 I+III 16' 168 I+II 4' 169 I+II 16' 170 P+IV 4' 171 P+III 4'

- m. = mechanikus, e. = elektronikus kopula

Bibliográfia

- Allison, Jesse – Oh, Yemin – Taylor, Benjamin: „Nexus: Collaborative Performance for the Masses, Handling Instrument Interface Distribution Through the Web”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Daejeon: 2013.
- Applebaum, Mark: *The Mad Scientist of Music*. (TEDxStanford 2012). http://www.ted.com/talks/mark_applebaum_the_mad_scientist_of_music (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- Assayag, Gérard – Bloch, Georges – Chemillier, Marc – Cont, Arshia – Dubnov, Shlomo: „OMax Brothers: A Dynamic Topology of Agents for Improvization Learning”. *ACM Multimedia Workshop on Audio and Music Computing for Multimedia*. Santa Barbara: 2006. 125-132.
- Barrett, G Douglas – Winter, Michael: „Livescore: Real-Time Notation in the Music of Harris Wulfson”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 55-62.
- Bartók Béla: „A gépzene”. In: Szöllősy András (szerk.): *Bartók Béla válogatott írásai*. Budapest: Művelt Nép, 1956. 242-256.
- Bencina, Ross: „The Metasurface: Applying Natural Neighbour Interpolation to Two-to-many Mapping”. *Proceedings of the 2005 Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Vancouver: 2005. 101-104.
- Bown, Oliver – Eldridge, Alice – McCormack, Jon: „Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: From Instruments to Behavioural Objects”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 188-196.
- Cadoz, Claude: „Instrumental Gesture and Musical Composition”. *International Computer Music Conference Proceedings*. Cologne: 1988.
- Cadoz, Claude – Wanderley, Marcelo M.: „Gesture-Music”. In: Marcelo M. Wanderley és Marc Battier (szerk.): *Trends in Gestural Control of Music*. Paris: Ircam, 2000. 71-94.
- Canning, Rob: „Interactive Parallax Scrolling Score Interface for Composed Networked Improvisation”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 144-146.
- Cont, Arshia: „On the Creative Use of Score Following and Its Impact on Research”. *Sound and Music Computing Conference*. Padova: 2011.

- Csikszentmihályi Mihály: *Beyond Boredom and Anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass, 2000.
- Cutler, Chris: „Lopofónia”. *Magyar Műhely* 120. 43-70.
- Dahl, Luke: „Wicked Problems and Design Considerations in Composing for Laptop Orchestra”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Ann Arbor: 2012. 57-60.
- Dudas, Richard: „»Comprovisation«: The Various Facets of Composed Improvisation Within Interactive Performance Systems”. *Leonardo Music Journal* 20 (2010): 29-31.
- Dufourt, Hugues: „L’instrument Philosophe”. In: *Instruments*. Paris: IRCAM, Centre Pompidou, 1995: 57-65.
- Eberlein, Roland: *Eine neue Entwicklung im Orgelbau: die „winddynamische Orgel” von Daniel Glaus*. (2012). http://www.walckerstiftung.de/Downloads/Blog/Dynamische_Orgel_Glaus.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- Eidenbenz, Michael – Glaus, Daniel – Kraut, Peter: *Frischer Wind: Die Forschungsorgeln der Hochschule der Künste Bern*. Saarbrücken: Pfau, 2006.
- Eigenfeldt, Arne: „Generative Music for Live Performance: Experiences With Real-Time Notation”. *Organised Sound* 19 / Special Issue 03 (2014): 276-285.
- Evens, Aden: *Sound Ideas: Music, Machines, and Experience*. Minnesota: University of Minnesota Press, 2005.
- Ferland, Ernest Thomas: *Improvisation in Nine Centuries of Western Music: An Anthology with a Historical Introduction*. Toronto: A. Volk Verlag, 1961.
- Frengel, Mike: „A Multidimensional Approach to Relationships Between Live and Non-Live Sound Sources in Mixed Works”. *Organised Sound* 15/02 (2010): 96-106.
- Frisk, Henrik: „Improvisation, Computers, and Primary Process: Why Improvise With Computers?”. *New Sound: International Magazine for Music* 32 (2008).
- Gann, Kyle: „Trimpin’s Machine Age: A Revolutionary Tinker Revives the Dream of Infinitely Fluid Music”. In: (szerk.): *Music Downtown: Writings From the Village Voice*. Berkeley: University of California Press, 2006: 33-38.
- Gárdonyi Zsolt – Nordhoff, Hubert: *Összhang és tonalitás. A harmóniatörténet stílusjegyei*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2012.
- Gillian, Nicholas Edward: *Gesture Recognition for Musician Computer Interaction*.

- PhD disszertáció, Queen's University Belfast, 2011. (Kézirat).
- Goßmann, Joachim – Neupert, Max: „Musical Interface to Audiovisual Corpora of Arbitrary Instruments”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 151-154.
- Goudeseune, Camille: „Interpolated Mappings for Musical Instruments”. *Organised Sound* 7/02 (2002): 85-96.
- Gryllus Samu: „A multidiszciplináris közösségi alkotás gyakorlata – a Soundpainting”. *Átjárások – áthallások konferencia*. Budapest: 2014.
- Gurevich, Michael – Marquez-Borbon, Adnan – Stapleton, Paul: „Playing With Constraints: Stylistic Variation With a Simple Electronic Instrument”. *Computer Music Journal* 36/1 (2012): 23-41.
- Hajdu, Georg – Niggemann, Kai – Siska Ádám – Szigetvári Andrea: „Notation in the Context of Quintet.net Projects”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 39-53.
- Han, Jihyun – Gold, Nicolas: „Lessons Learned in Exploring the Leap Motion(tm) Sensor for Gesture-Based Instrument Design”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 371-374.
- Hermann, Thomas – Hunt, Andy: „The Discipline of Interactive Sonification”. *Proceedings of the International Workshop on Interactive Sonification*. Bielefeld: 2004.
- Hunt, Andy – Wanderley, Marcelo M.: „Mapping Performer Parameters to Synthesis Engines”. *Organised Sound* 7/02 (2002): 97-108.
- Hunt, Andy – Wanderley, Marcelo M. – Paradis, Matthew: „The Importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design”. *Journal of New Music Research Journal of New Music Research* 32/4 (2003): 429-440.
- Jensenius, Alexander Refsum: „To Gesture or Not? An Analysis of Terminology in NIME Proceedings 2001-2013”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 217-220.
- Jordà, Sergi: *Digital Lutherie and Multithreaded Musical Performance: Artistic, Scientific and Commercial Perspectives*. (NIME 2011). <http://vimeo.com/groups/nime2011/videos/26909526> (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- : *Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics'*

Performance and Improvisation. PhD disszertáció, Universitat Pompeu Fabra, 2005. (Kézirat).

- Jordà, Sergi – Geiger, Günter – Alonso, Marcos – Kaltenbrunner, Martin: „The Reactable: Exploring the Synergy Between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces”. *Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction*. Baton Rouge: 2007. 139-146.
- Kim-Boyle, David: „Real-Time Score Generation for Extensible Open Forms”. *Contemporary Music Review* 29/1 (2010): 3-15.
- Krefeld, Volker – Waisvisz, Michel: „The Hand in the Web: An Interview With Michel Waisvisz”. *Computer Music Journal* 14/2 (1990): 28-33.
- Laubier, Serge De – Goudard, Vincent: „Meta-Instrument 3: A Look Over 17 Years of Practice”. *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Paris: 2006. 288-291.
- Lehrman, Paul D. – Singer, Eric: „A Ballet Mécanique for the 21st Century: Performing George Antheil’s Dadaist Masterpiece With Robots”. *Proceedings of the 2006 Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Paris: 2006. 300-303.
- Ligeti György: „Két etűd orgonára”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010: 403-404.
- : „Mit vár el a mai zeneszerző az orgonától?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010: 223-235.
- : „Új notáció – kommunikációs eszköz vagy öncél?”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010: 197-209.
- : „Volumina”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010: 384-386.
- : „»Harmonies« (Két etűd orgonára, no. 1)”. In: Kerékfy Márton (szerk.): *Ligeti György válogatott írásai*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 2010: 404-405.
- Machover, Tod – Chung, Joe: „Hyperinstruments: Musically Intelligent and Interactive Performance and Creativity Systems”. *Proceedings of the 1989 International Computer Music Conference*. San Francisco: 1989. 186-190.
- Maes, Laura – Raes, Godfried-willem – Rogers, Troy: „The Man and Machine Robot

- Orchestra At Logos”. *Computer Music Journal* 35/4 (2011): 28-48.
- Magnusson, Thor: „Improvising With the Threnoscope: Integrating Code, Hardware, Gui, Network, and Graphic Scores”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 19-22.
- Mandel, Róbert: *Elektrofon Hangszerek*. Budapest: Kossuth Kiadó, 2007.
- Massey, Andrew: *Music and the Arts: Usability in Fact and as Metaphor*. (2003). http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/conference/2003/massey_music_arts.html (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- McDermott, James – Gifford, Toby – Bouwer, Anders – Wagdy, Mark: „Should Music Interaction be Easy?”. In: Holland, Simon – Wilkie, Katie – Mulholland, Paul – Seago, Allan (szerk.): *Music and Human-Computer Interaction*. London: Springer, 2013. 29-47.
- Menzies, Dylan: „Composing Instrument Control Dynamics”. *Organised Sound* 7/03 (2002): 255-266.
- Miranda, Eduardo Reck – Wanderley, Marcelo M.: *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. Middleton: A-R Editions, 2006.
- Murphy, Jim – Kapur, Ajay – Carnegie, Dale: „Musical Robotics in a Loudspeaker World: Developments in Alternative Approaches to Localization and Spatialization”. *Leonardo Music Journal* 22 (2012): 41-48.
- Nouno, Gilbert – Cont, Arshia – Carpentier, Grégoire – Harvey, Jonathan: „Making an Orchestra Speak”. *Proceedings of the SMC 2009 – 6th Sound and Music Computing Conference*. Porto: 2009. 277-282.
- Paine, Garth: „Towards Unified Design Guidelines for New Interfaces for Musical Expression”. *Organised Sound* 14/02 (2009): 142-155.
- Park, Brett – Gerhard, David: „Rainboard and Musix: Building Dynamic Isomorphic Interfaces”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Daejeon: 2013.
- Rubine, Dean – Mcavinney, Paul: „Programmable Finger-Tracking Instrument Controllers”. *Computer music journal* (1990): 26-41.
- Schiesser, Sébastien – Schacher, Jan C: „SABRe: The Augmented Bass Clarinet”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Ann Arbor: 2012. 109-112.
- Schnell, Norbert – Battier, Marc: „Introducing Composed Instruments, Technical

- and Musicological Implications”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Dublin: 2002. 156-160.
- Tanaka, Atau: „Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music”. In: *The Oxford Handbook of Computer Music*. New York: Oxford University Press, 2009: 233-257.
- Thiebaut, Jean-Baptiste – Healey, Patrick G. T. – Kinns, Nick Bryan: „Drawing Electroacoustic Music”. *Proceedings of the 2008 International Computer Music Conference*. Belfast: 2008.
- Tomás, Enrique – Kaltenbrunner, Martin: „Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 609-614.
- Toop, Richard: „On Complexity”. *Perspectives of new music* 31/1(1993): 42-57.
- Udell, Chet – Sain, James Paul: „eMersion: Sensor-Controlled Electronic Music Modules & Digital Data Workstation”. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. London: 2014. 130-133.
- Vassilandonakis, Yiorgos: „An Interview With Trevor Wishart”. *Computer Music Journal* 33/2 (2009): 8-23.
- Vertegaal, Roel – Ungvary, Tamas: „Tangible Bits and Malleable Atoms in the Design of a Computer Music Instrument”. *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. Seattle: 2001. 311-312.
- Waisvisz, Michel: „The Hands: A Set of Remote Midi-Controllers”. *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Burnaby: 1985.
- : *The Hands*. (2006). <http://www.crackle.org/TheHands.htm> (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- Walcker-Mayer, Gerhard: *Die Orgel danach*. (2004). http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF_public/DIEORGEL_DANACH.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- : *Ligeti und die Moderne Orgel*. (2006). http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF_public/Ligeti-Orgel.pdf (Utolsó letöltés: 2014. október 18.)
- Wessel, David – Wright, Matthew: „Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers”. *Computer Music Journal* 26/3 (2002): 11-22.
- zmölnig, IOhannes m – Eckel, Gerhard: „Live Coding: An Overview”. *Proceedings*

of the International Computer Music Conference. København: 2007. 295-298.

Webhely-hivatkozások jegyzéke

<http://www.nime.org/>
<https://cycling74.com/>
<http://herrmuttlobby.com/beatfader-2/>
<http://www.suddeninfant.com/>
<http://buchla.com/about/history-buchla/1990-thunder/>
<http://www.jazzmutant.com/behindthelemur.php>
<http://herrmuttlobby.com/beatsurfing/>
<http://www.symbolicsound.com/>
<https://cerma.stanford.edu/radiobaton/>
<http://buchla.com/about/history-buchla/1996-lightning-ii/>
<http://web.media.mit.edu/~joep/TTT.BO/baton.html>
<http://www.crackle.org/TheHands.htm>
<https://www.thalmic.com/en/myo/>
<https://www.leapmotion.com/>
<http://spacepalette.com/>
<http://www.tunadjgear.com/>
http://florianborn.com/projects/modulares_interface/
<http://otherminds.org/shtml/Jaffespace.shtml>
http://bampfa.berkeley.edu/images/general/press/press_PDF/Timpin_PressRelease_final.pdf
<http://www.karmetik.com/labs/robots>
<http://expressivemachines.com>
<http://www.ensemblrobot.com/>
<http://jacques-remus.fr/installations-sculptures-sonores/>
<http://www.christofschlaeger.de/instrumente.htm>
<http://www.lemurbots.org/>
http://www.logosfoundation.org/instrum_gwr/manual.html
<http://warp.net/records/squarepusher/squarepusher-music-for-robots>
<http://compressorhead.rocks/>
<http://elikeszler.com/>
<http://www.soundpainting.com/soundpainting/>
<http://www.gewalcker.de/gewalcker.de/PDF/Ligeti1.pdf>
http://en.wikipedia.org/wiki/Theatre_organ
<http://www.huygens-fokker.org/instruments/fokkerorgan.html>
<http://forumnet.ircam.fr/tribune/microtonal-organ-with-openmusic/>
http://www.sankt-peter-koeln.de/wp/?page_id=139
<http://ablinger.mur.at/docu11.html#qu3>